

# Ekosystemtjänsterna rening och fördröjning, vad kostar de?

*Författare Anders Ryttegård*



## **Ekosystemtjänsterna rening och fördröjning, vad kostar de?**

Ecosystem services purification and runoff delaying, what does it cost?

*Författarens Anders Ryttegård*

**Handledare:** Kent Fridell, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Bitr handledare:** Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i teknologi, G2E – Landskapsingenjörsprogrammet *eller* Självständigt i arbete i landskapsarkitektur, G2E – Landskapsingenjörsprogrammet

**Kurskod:** EX0842 (*Teknologi*) *eller* EX0841 (*Landskapsarkitektur*)

**Program:** Landskapsingenjörsprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2019

**Omslagsbild:** Anders Ryttegård

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Dagvattenhantering, ekosystemtjänster, urbana gaturum, rening, fördröjning, dagvattenkonstruktioner.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

## **Förord**

Detta kandidatarbete avslutar mina tre års studier på SLU Alnarp inom landskapsingenjörsprogrammet. Arbete har riktat in sig på att ge läsaren en större förståelse kring dagvattenhantering i urban miljö och vad det kostar att anlägga dagvattenkonstruktioner. Arbete visar hur dagvattenkonstruktioner kan bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning.

Jag vill tacka mina handledare Kent Fridell och Anders Kristoffersson vid SLU Alnarp för guidningen genom arbete. Jag vill även tacka mina studiekamrater på landskapsarkitekts-och landskapsingenjörsprogrammet på SLU Alnarp för den vägledning och stöd som jag fått.

Till sist vill jag tacka min familj och släkt som har hjälpt, stöttat och pushat mig genom arbetet men även under hela min studietid.

## Sammanfattning

Klimatet runt om i världen håller på att förändras. Dessa klimatförändringar påverkar landskap på olika sätt. Kraftigare och intensivare regn är något som visats påverka de urbana miljöerna, vilket har resulterat i överbelastningar på de befintliga va-systemen som lett till översvämningar och skadegörelse på bebyggelse samt en ökad övergödning i vattendrag och recipienter.

I det här arbetet berörs olika dagvattenhanteringskonstruktioner som skulle kunna främja ekosystemtjänsterna rening och fördröjning, och vad dessa har för prisskillnad. En litteraturstudie redogör vad litteraturen säger kring dagvattenkonstruktioner och dess historiska utbredning inom rening och fördröjning. I en fallstudie studeras hur ett gaturum i form av en uppsamlingsgata skulle kunna bidra med tjänsterna rening och fördröjning. Fallstudien utgår efter vedertagna dagvattenhanteringskonstruktioner som granskas ur anläggningsekonomisk synpunkt samt dess kapacitet att rena och fördröja dagvatten. Fallstudien redogör konstruktioner i scenarion, de går från en gråare konventionell hantering till en mer modern grönblågrå.

Arbetet kan redovisa att de moderna dagvattenkonstruktionerna med grönblågråa inslag har en positiv inverkan ur ett renings och fördröjnings syfte, medan de grå inte redovisar någon sådan inverkan. Litteraturen i arbetet redogör vilka konstruktioner som skulle kunna bidra till dessa två tjänster. Fallstudien kan konstatera att det finns en anläggningsekonomisk skillnad mellan de konventionella konstruktionerna och de moderna.

## **Abstract**

The climate around the world is changing. These climate changes affect landscapes in different ways. Heavier and more intense rain is something that has been shown to affect the urban environments, which has resulted in overloads on the existing sewage systems that have led to flooding and damage to buildings as well as increased pollution and eutrophication in watercourses and recipients.

This bachelor's thesis refers to various stormwater management constructions that could promote ecosystem services of purification and delay and what their differences affect in costs. A literature study describes what the literature says about stormwater constructions and its historical spread in purification and delay. A case study studies how a street space could contribute with the services of purifications and delay. The case study is based on accepted stormwater constructions, which are reviewed from a constructing economics point of view as well as its capacity to purify and delay stormwater. The case study describes constructions in scenarios, where the scenarios go from a grey conventional handling to a more modern green-blue grey.

The work can show that the modern stormwater structures with green-blue-grey elements have a positive effect in a purification and delay purpose, while the grey ones do not report such effect. The literature in the work describes which constructions could contribute to these two services. The case study finds that there is a structural economic difference between the conventional designs and the modern ones.

## Innehållsförteckning

<b>1.1 Bakgrund/problemställning.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Syfte och frågeställningar .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Metod och material.....</b>	<b>8</b>
1.3.1 Litteraturstudie .....	8
1.3.2 Fallstudie - fyra teoretiska gatuutformningar. ....	8
<b>1.4 Avgränsningar .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>12</b>
2.1 Konventionella kontra moderna dagvattenkonstruktioner i staden .....	12
2.1.1 En utveckling .....	12
2.1.2 Konventionella system.....	13
2.1.3 Moderna, grönbågrå, dagvattenkonstruktioner .....	14
<b>3. Litteraturstudie .....</b>	<b>15</b>
3.1 Dagvattenhantering + ekosystemtjänster .....	15
3.1.1 Rening av vatten med filterhantering .....	16
3.1.2 Fördröjning .....	18
3.2 Sammanställning.....	20
<b>4. Fallstudie .....</b>	<b>21</b>
4.1 De fyra scenarierna och dess förutsättningar.....	21
4.2 Resultat fallstudie .....	25
4.2.1 Fördröjning .....	25
4.2.2 Rening .....	26
4.2.3 Kostnader .....	27
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>29</b>
<b>6. Slutsatser .....</b>	<b>31</b>
<b>7. Litteraturförteckning .....</b>	<b>32</b>
Bilaga 1 .....	35
Bilaga 2 .....	45
Bilaga 3 .....	60
Bilaga 4 .....	64

## 1.1 Bakgrund/problemställning

Under de senaste decennierna har exploatering och byggnation av städer ökat dramatiskt. Denna förtätning har bidragit till en ökning av hårdgjorda och trafiklagda ytor som behöver avvattnas, vilket många av de befintliga dagvattensystemen inte är dimensionerade för (Stahre, 2004). Scenarier över framtida klimat visar dessutom på en ökning av årsnederbörd och ökad regnintensitet i hela norra Europa (SMHI, 2018), vilket kommer öka belastningen på avloppssystemen ytterligare. Utöver översvämningsproblematiken är förorenat dagvatten ett problem kopplat till avvattningen av stadens gaturum. Luftburna och partikelburna föroreningar från bland annat trafik fastnar på byggnader och gator och förs med regnvattnet ner i dagvattensystemen (Svenskt Vatten, 2016). Med detta som bakgrund är utformning av de urbana dagvattensystemen en aktuell fråga.

Under tidiga skeden av den moderna urbaniseringen var lösningen på dagvattenhantering att avleda så mycket av vattenvolymen som möjligt så fort som möjligt. Detta löstes lättast genom ett system med brunnar och ledningar under jord där vattnet fick flöda fritt utan hinder fram till sin recipient (Svenskt Vatten, 2016). Den här typen av konventionell metod, ofta benämnd som grå konstruktion, var standard fram till 1960-talet. Men allt eftersom städerna växte märkte man att dessa system inte var tillräckliga och bidrog med problem som förurning av vattendrag och översvämnningar. Detta föranledde en utveckling mot dagvattensystem som fokuserade på trögare avrinning och hantering närmare källan (Svenskt Vatten, 2011). Den här typen av system hanterar istället dagvatten med hjälp av vegetation och/eller naturliga processer som ett sätt att avlasta dagvattensystemen nedströms och reducera föroreningar. Dessa moderna konstruktioner kan, till skillnad från de grå konstruktionerna, bidra med tjänster till samhället utöver avvattningen, så kallade ekosystemtjänster (Gröna Fakta, 2018). Ekosystemtjänster kan beskrivas som de tjänster som naturen bidrar med till samhället utan mänsklig påverkan, som till exempel luft- och vattenrening, pollinering med flera (Boverket, 2019).

Under min utbildning till landskapsingenjör har dagvattensproblematiken ofta berörts, där de moderna, grönbå, dagvattensystemen ofta lyfts fram som överlägsna. Dock anläggs de inte så ofta, där den dyrare anläggningskostnaden ofta används som argument enligt de föreläsare jag har haft under min studietid på SLU Alnarp. Få studier redogör däremot inte i detalj vad anläggningskostnaderna är av olika dagvattenkonstruktioner, vilket kan bero på att branschen sällan lämnar ut sina kostnadsberäkningar. Med detta som utgångspunkt, och med min yrkesbakgrund i anläggningsbranschen, är jag intresserad av att undersöka närmare på kostanden av olika urbana dagvattenkonstruktioner i relation till vilka ekosystemtjänster de kan bidra med.

## 1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att visa olika dagvattenkonstruktioner som är applicerbara i ett urbant gaturum och följer de riktlinjer som Stockholm- och Uppsalas stads dagvattenstrategier kräver. Målet är att jämföra de olika gatuutformningarna ur ett byggnadsekonomiskt perspektiv och i avseende de två ekosystemtjänsterna rening och fördröjning.

- Hur kan urban dagvattenhantering bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning?
- Vad blir den ekonomiska skillnaden i anläggningsutförandet för var och en av de fyra scenarierna?
- Vilken fördröjning i volym och minskning av intensitet kan uppnås för de fyra olika scenarierna och vilken kostnad resulterar detta i?
- Vilken reningseffekt kan uppnås i de fyra scenarierna?

## 1.3 Metod och material

### 1.3.1 Litteraturstudie

För att få en teoretisk förståelse för ämnet gjordes en litteraturstudie kring olika ekosystemtjänster och dagvattenkonstruktioner. Syftet för denna del är att undersöka vad litteraturen säger angående dagvattenhantering och hur det kan bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning. Litteraturstudien gjordes med hjälp av sökmotorerna Primo, Webb of Science, Google Scholar och biblioteket på SLU Alnarp. Sökorden som användes för litteraturstudien var dagvattenhanteringen, dagvattenrening, blågrön infrastruktur, ekosystemtjänster och filterrening

### 1.3.2 Fallstudie - fyra teoretiska gatuutformningar.

För att få en fördjupad förståelse för kostnader samt fördröjnings- och reningskapacitet av olika dagvattenlösningar gjordes därefter en fallstudie. Fallstudiens grundförutsättning är en nyexploatering där ett nytt gaturum ska utformas i en stadsmiljö. I denna fallstudie utgick jag från fyra teoretiska gaturum med applicerbara dagvattenkonstruktioner

- **Scenario 1:** Är en traditionell gatuuppbyggnad med endast rör och brunnar för avledning av dagvatten till närmaste recipient. Kommer nedan härnäst refereras som konstruktion *grå* (G), se närmare bilaga 1.
- **Scenario 2:** Är en gatusektion med grönytor som inte är ansluten till något dagvattensystem/regnbädd. Vattnet går till brunnar och leds bort till närmsta recipient. Kommer härnäst refereras som konstruktion *grågrön* (GG), se närmare i bilaga 1.
- **Scenario 3:** Är en gatusektion med grönytor där dagvattnet leds till brunnar utrustade med filter för rening. Dagvattnet transporteras vidare till ett nedgrävt pekolationssmagasin utrustat med rening på annan plats. Kommer härnäst refereras som konstruktion *gråblå* (GB), se närmare bilaga 1.
- **Scenario 4:** Är en gatusektion där dagvattenhanteringen sker med hjälp av biofilter och ett öppet förstärkningslager för rening och fördröjning. Kommer härnäst refereras som konstruktion *gråblågrön* (GBG), se närmare bilaga 1.

Anledningen till att de gjordes teoretiska var för att det var lättare att jämföra de olika resultaten med varandra. Valet av att studera just ett gaturum baseras i att en stor del av stadens yta består just av gatusektioner. Som grund till dessa teoretiska gaturum utgick jag från en uppsamlingsgata som är 20,5 meter bred med två körfält och cykel



och gångbana. Gatans längd är 75 meter och är utrustad med två stycken övergångsställen i varje ände. Valet av just uppsamlingsgata gjordes för att städer använder sig av dessa för att bygga upp trafiknätet (Sveriges kommuner och landsting, 2004). Vidare användes utformningskrav från Stockholm och Uppsala stads dagvattenstrategi och dess åtgärdsnivå för nybyggnation som grund för projektering av dagvattenkonstruktioner. Vidare kommer detta dokument benämnas som Stockholms och Uppsalas åtgärdsnivåer. Anledningen till att jag utgått från dessa åtgärdsnivåer är för att dessa ska ses som en framtida standard inom svensk dagvattenhantering (Stocholms stad, 2016). Vad detta dokument säger i detalj beskrivs närmare under avsnittet 2.4. Valet av de fyra specifika lösningarna baseras i att de är fyra konstruktioner som vedertaget används för avvattning i städer idag (Svenskt Vatten, 2011). Vidare exemplifierar de både konventionella metoder och moderna, grönbå, metoder som tas upp i litteraturen, se rubrik 2.2.

De teoretiska gaturummen byggdes upp med hjälp av programmet AutoCAD då det är en lämplig programvara för syftet och alla val gällande gatornas uppbyggnad i form av material och utförande baseras på beskrivningar från AMA anläggning. Anledningen till användandet av just AMA valdes då branschens kostnadsberäkningar redovisas med hjälp av de utförandemoment som AMA föreskriver vid nybyggnation. Redovisningen av arbetsflödet sker med hjälp av AMA koder för att ge läsaren en tydlig bild av hur arbetsgången utförs. Närmare beskrivning av förutsättningarna för konstruktionerna finns under avsnitt 4.1 och i bilaga 2.

Gällande beräkningarna för fördröjning användes Svenskt Vattens excel dokument *Magasinsberäkning med hänsyn till rinntid enligt Dahlström 2010 för varaktighet upp till 1 dygn* (Svenskt Vatten , 2017). Dokumentet beräknar vilken magasinvolym den teoretiska gatan behöver för att fördröja dagvattnet. Förutsättningarna för att använda dokumentet är att använda sig av specifika regndata baserat på magasinens avtappningskapacitet samt dess rinntid under en återkommande tidsperiod. Fallstudien utgår ifrån ett 30 års regn. Mer specifika data redovisas i bilaga 3.

För uträkningarna gällande rening användes programmet Stormtac. Det är ett program som beräknar, simulerar och dimensionerar olika åtgärder för omhändertagande av föroreningar i dagvatten. Stormtac baseras på data från långtidsforskning inom flödes- och föroreningar inom markanvändning. Närmare beskrivning av Stormtac finns i avsnittet rening 4.2.2. samt i bilaga 4.

## 1.4 Avgränsningar

Eftersom dagvattenhantering och ekosystemtjänster är två stora och komplicerade ämnen var för sig så har flera avgränsningar gjorts för att arbetet ska hinnas med inom kursens tidsram. Först och främst inriktar sig arbetet på två ekosystemtjänster, fördröjning och rening av vatten, då de är nära kopplade till dagvattenkonstruktioner. Anledningen till att jag valt dessa två tjänster är för de går att redovisa i mätbara siffror i relation till en anläggningskostnad. Fördröjning och rening sågs då som lämpligast för syftet.

Inom fallstudien har det gjorts en stor del avgränsningar för att ge läsaren så jämförbara gestaltningar som möjligt i form av kostnad, rening och fördröjning.

Avgränsningarna beträffande kostnader är att ingen skötsel eller underhåll har beräknats för de olika scenarierna. Det undgick för att skötsel och underhåll är ett komplext område som på grund av tidsramen inte undersökts.

Vid beräkning av rening i fallstudien har avgränsningar gjorts då ämnet är komplext och flera faktorer påverkar resultatet. De föroreningar och tungmetaller som fallstudien utgår ifrån är P, N, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg, SS, olja, PAH, BaP. Dessa ämnen ses som standardämnen vid mätning av dagvatten.  $\text{NH}_4^-$  ingår också i standarden men beräknas inte, då programmet stormtac inte registrerar dess värden. Se vidare i avsnitt 3.1.1.

I avseende av fördröjande kapacitet på de olika scenarierna så mäts vattenvolymen i kubikmeter ( $\text{m}^3$ ). Detta har gjorts för att ge läsaren en enkel och tydlig överblick för hur de olika scenarierna skiljer sig sinsemellan, samt att svenskt vattens excel dokument som används för att beräkna volymkapacitet för scenario GB och GBG redovisar mängden i  $\text{m}^3$ . I scenario GB så har den uppmätta volymkapaciteten på fördröjningsmagasinet endast adderats med en kostnad för anläggningen, då den inte anläggs i gaturummet utan på annan plats, till en kostnad på 5000 kr per  $\text{m}^3$ . Kostnaden bygger på en av branschens pris för magasinet samt anläggningskostnaden.

Fördröjningsmagasin byggs på platser där den kan hålla en hög volymkapacitet, därav sammankopplats flera avrinningsområden till ett och samma fördröjnings magasin, det är utgångspunkten också för scenario GB.

Vid scenario (GG,GB,GBG) innefattas vegetation i form av träd, buskar och perenner. Dessa är inte artspecifierade. En klumpsumma har avsatts i syfte att återspegla vad växtmaterialet kostar för vegetationsytorna, det gjordes på grund av arbetes tidsram.

## 1.6 Begreppsförklaringar

**Urbana Dagvattenkonstruktioner** = konstruktioner som är utformade för att hantera dagvatten i stadsmiljö.

**Erforderlig magasinvolym** = Det är den maximala skillnaden mellan tillrinningen till ett magasin och dess avtappningen.

**Gaturum** = Den miljö som ligger i direkt anslutning till gatan som kan påverka betraktarens intryck av platsen tex husfasader, markbeläggningar, vegetation med flera.

**Recipient** = Slut destinationen för dagvattnet för specifikt avrinningsområde t.ex. grundvattnet, floder, sjöar och hav.

**Trög avledning** = Att dagvattnet i största mån ska hanteras inom de ytor som regnet fallit innan det leds vidare till öppna system eller rörsystem. Trög avledning kan definieras med infiltration, utjämning eller fördröjning av dagvattnet (Svenskt Vatten, 2016).

**Perkolation** = När dagvattnet transporteras genom jordlagren ned till grundvattnet.

**Evaporation** = Evaporation är den vattenmängd som stannar på vegetationens blad och barr som sedan förångas tillbaka ut i luften.

**Klimatfaktor** = Den faktor som beräknas med vid regnberäkning. Klimatfaktorn ska ta höjd för framtida klimatförändringar för en dagvattenkonstruktions kapacitet.

**Avrinningskoefficient** = Ett mått av den maximala avrinnande kapacitet inom ett förbestämt område. Måttet baseras på andelen hårdgjord yta samt lutning och regnets intensitet (Svenskt Vatten, 2011)

**Reducerad yta** = den specifika del av området som medverkar i avrinningen. Resultatet av avrinningskoefficienten och bruttoarean (Svenskt Vatten, 2011).

**30-års regn** = Ett specifik regnmängd framräknad av Dahlström metod från 2010. Regnmängden är 327,8 liter per sekund per hektar med en rinntid på 10 minuter.

**Rinntid** = Den tid i minuter det tar för nedfallit regn inom avrinningsområdet att nå punkten där dagvattnet avleds från området (Svenskt Vatten, 2016).

## 1.6 Disposition

Arbetet inleds med en kort bakgrund där de konventionella och moderna gråblågröna dagvattenkonstruktionerna introduceras och förklaras. Det följs av beskrivningen av Stockholms och Uppsalas åtgärdsnivåer som har legat som grund för fallstudien. Efterföljande kommer en litterär översikt om hur urban dagvattenhantering och ekosystemtjänsternas fördröjning och rening kan påverkas av varandra. Efter detta

flöjer en fallstudie där fyra teoretiska gaturum presenteras närmare med beräkningar kring kostnader för anläggandet samt kapacitet av fördröjd vattenvolym och även hur retningseffekten är på de olika dagvattenkonstruktionerna. Dessa scenarier redovisas sedan i en resultat del där alla beräkningar sammanställs och jämförs mot varandra. Det följer av den diskussionsdel där analyser av vad den litterära delen säger kontra vad fallstudiens egna resultat visar samt en analys som återkopplar arbetes syfte med den historiska bakgrunden till dagvattenhanteringens utveckling. Det följs upp av en sammanställning som belyser arbetets helhet och resultat. Därefter redovisas de bilagor som innefattas i arbetet och även de referenser som har ingått i arbetet.

## **2. Bakgrund**

### **2.1 Konventionella kontra moderna dagvattenkonstruktioner i staden**

#### **2.1.1 En utveckling**

Svenskt Vatten (2016) beskriver hur dagvattensystemen tagit olika form och funktioner under historien. Under 1800-talet var lösningen dagvattenhanteringen att avleda allt vatten till närmsta dike eller å helt ofiltrerat mellan spill och dagvatten. På 1900-talet övergick de öppna dikena till slutna kulvertar för att minska smittspridning som det smutsiga vattnet bidrog med samt att minska stanken från vattnet. Igenläggningen av de öppna dikena ledde till att städerna kunde växa till på ytan då transporten av dagvatten sköttes under jord (Svenskt Vatten, 2016). Gaturummens krav på tillgänglighet och funktion framled till mer ogenomsläppliga material som kunde transportera vattnet med jämnt snabbt flöde över ytorna ner i brunnarna (Lönngren, 2001).

Under större delen av 1900-talet sköttes dagvattenhanteringen med brunnar och rörsystem som kopplades på kulvertarna, som blev överbelastade och fallerade, vilket medförde översvämningar i källare samt i avloppssystemen inne i städerna. Under 1900-talet tillkom avloppsreningsverk för att rena det förorenade spillvattnet. Problemet som nu uppstod var att spill-och dagvatten var ihopkopplade uppströms vilket ledde till att reningsverken blev överbelastade av vanligt dagvatten. Detta löstes genom att avloppsreningsverk installerades med en funktion som gav dem möjligheten att släppa ut orenat avloppsvatten till större vattendrag. Det systemet benämns som end of pipe lösning. Benämningen kommer från att reningen och flödet i systemet regleras vid utloppen som i många fall är reningsverket (Svenskt Vatten, 2016).

Svenskt Vatten (2011) beskriver hur synen på dagvattenhanteringen förändrades på 1970 och 80-talet då forskar istället ville utnyttja en trögare avrinning nära regnets nedslagsplats, för att avlasta reningsverken nedströms. Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) blev snabbt det samlingsnamn för de lösningar som bidrog till en trögare avrinning. Under 1990-talet ökade användandet LOD konstruktioner på privat mark men så väl på allmänplatsmark för att minimera de flödestoppar som påverkar reningsverken samt bidra med en renade effekt (Svenskt Vatten, 2011).

### 2.1.2 Konventionella system

Konventionell eller grå dagvattenhantering baseras på nedgrävda brunnar och rör som leder bort gatans ytvatten till en närliggande recipient utan någon rening eller fördröjning (Linköpings kommun, 2019). Den grå hanteringen tog på mitten av 1900-talet en större spridning där vattentransporten delades upp i tre större delar, kombinerade system, separat system och duplikatsystem (Svenskt Vatten, 2007).

Det kombinerade systemet bygger på att fastighetens spill- och dagvatten sammankopplades och fördes i samma ledning till reningsverket eller recipienten. Det separata systemet delar in spillvatten och dränvatten i samma ledning och dagvattnet rinner upp på ytan med hjälp av diken och rännalar (Svenskt Vatten, 2007). Historiskt sett har dessa två hanteringsmetoder inte varit framgångsrika på grund av att det separata systemet uppströms ofta blivit sammanfört med det kombinerade ledningsnätet nedströms, vilket resulterat i översvämningar i fastigheters källare nedströms (Svenskt Vatten, 2007). Linköpings Kommun (2019) arbetar med denna metod att avvattna gaturummet som ett sista alternativ vid projektering, då det inte är en hållbar lösning ur fördröjning eller reningspåverkan.

Duplikatsystemet skiljer sig från de två ovanstående hanteringssätten, det bygger på att dagvatten och spillvatten separeras helt i två olika avloppssystem. Det går att kombinera dränvattnet olika beroende på områdesförutsättningarna, antingen kan det kopplas till spillavloppet som renas eller till att dagvattenavloppet som leds till recipienten. (Svenskt Vatten, 2016)

För att minska dagvattnets flödestoppar och bidra till trögare avrinning i de urbana miljöerna används det separata systemets ytavrinningsmetoder med diken och rännalar tillsammans med duplikatsystemet för att förlänga rinntiden till recipienten (Svenskt Vatten, 2016). Svenskt Vatten (2011) benämner ett antal applicerbara LOD konstruktioner för allmän platsmark som kan minimera översvämningar och avlasta dagvattennätet, bland annat översilningsytor, infiltration på gräsytor, översvämningssytor, dammar, bäckar och kanaler. För att användning av LOD ska bli så effektiv som möjligt bör avrinningskoefficienten vara så låg som möjligt, ett välanvänt sätt är att beklä ytskiktet med vegetation (Svenskt Vatten, 2011).

I Svenskt Vatten (2007) beskrivs dessa konventionella dagvattenkonstruktioner hur de transporterar bort dagvatten ur gaturummen och vidare ut till recipienten utan att bidra till någon vattenrening nära källan. Konstruktionerna är byggda på att reningen sköts nedströms vid reningsverken, som är en end of pipe hantering.

Enligt Sveriges kommuner och landsting (2015) så bidrar fordonstrafiken till den största miljöförstörelsen av dagvatten, då både tungmetaller och farliga kemikaliska ämnen förs till recipienten obehindrat och därav övergöds vattendrag och hav vilket försämrar vattenkvaliteten och klimatet.

### 2.1.3 Moderna, grönblågrå, dagvattenkonstruktioner

För att motverka övergödningen har lösningar där hanteringen sker nära nedslagsplatsen utvecklats. Denna typ av modernare lösningar fokuserar istället på att hantera vattnet nära nedslagsplatsen med hjälp av gröna inslag och naturliga processer samt filterhantering.

Fridell & Jergmo (2015) skriver att den första dagvattenhanteringen med regnbäddar skedde i början av 1990-talet i Maryland i USA, det var ett testförsök för att se om det gick att infiltrera dagvatten genom växtbäddar istället för att leda iväg vattnet med brunnar och rör till recipienten. Resultaten av testen var positiva och sedan dess har utvecklingen gått framåt inom området. Biofiltrering är samlingsnamnet för denna process. Blecken (2016) förklarar i sin rapport att det finns olika sätt att applicera biofiltren i ett urbant gaturum, det behöver inte bara vara en regnbäddar som de första försöken på 90-talet. Blecken redogör att användandet av biofilter är till större utsträckning för att rena dagvattnet än att fördröja det. Vanliga moderna dagvattenkonstruktioner som kan utformas i gaturum är ofta nedsänkta växtbäddskonstruktioner med en översvämningsszon och ett filtermaterial som bearbetar vattenreningen. Konstruktioner som används i det urbana gaturummet är växtbäddade svackdiken utrustade med filtermaterial samt översvämningssdammar som är växtbäddade (Blecken, 2016). Fridell & Jergmo (2015) hävdar att dessa moderna grönblågrå konstruktioner, då de anser att de bidrar med minskad miljöpåverkan än vad de grå konstruktionerna gör.

Eftersom biofiltreringens huvudsyfte är att rena det förorenade vattnet och inte att fördröja det, så har det skett en utveckling inom öppna förstärkningslager under de senaste 10 åren. På hemsidan Klimatsäkradstad (2019) går det att läsa om öppna förstärkningslager. Som namnet utger är det ett förstärkningslager med mer tillgång på luft. Standard för vanliga förstärkningslager är att de innehåller krossmaterial med nollfraktion. Öppna förstärkningslager bygger på att nollfraktionerna är borttagen vilket bildar till hålrum som kan fyllas med vatten istället. I Gröna Fakta (2018) beskrivs öppna förstärkningslager som ett effektivt sätt att magasinera vatten i urbana miljöer då de kan göra mer ytor multifunktionella. Öppna förstärkningslager och biofiltrering kan och har kombinerats i urbana miljöer de senaste åren.

Filterhantering är en beprövad reningsmetod för dagvatten. Grunden för filterhantering är att dagvattnet måste transporteras igenom ett material som är konstruerat för att binda till sig föroreningarna direkt vid brunnsinloppen. Enligt Blecken (2016) finns det två större indelningar av brunnsfilter, membran och reaktiva filter. Vid användning av reaktiva filter sker reningsprocessen kemiskt medan membranfiltreringen sker via infiltrering (Blecken, 2016). Vilket filter som används beror på vilka föroreningar som de ska binda till sig. Filtren behöver bytas ut upp till fyra gånger per år för att upprätthålla en god reningseffekt. Bytet av filtren görs av skötselpersonal och kräver arbete i trafiken då merparten av alla brunnar ligger i körfälten. Blecken (2016) beskriver att användandet har resulterat i en renade effekt men dock ingen fördröjande sådan.

En kompletterande lösning har där med utvecklats för att hindra ökande vattenflöden vid filteranvändning. Fördröjnings- och perkolationsmagasin är ett sätt att stanna av det rinnande vattnet under jord för att sedan själv reglera avtappningshastigheten.

Svenskt Vatten (2011) beskriver fördröjningsmagasin som en nedgrävd sluten konstruktion som kan vara i olika material som går att applicera under trottoarer, parkeringar eller grönytor i urban miljö. Fördröjningsmagasin kan ha flera inlopp och ett kontrollerat utlopp. Utloppen kan vara konstruerade så de ger en specifik avtappning av magasinet, men det finns även justerbara utlopp, det är för att kunna bibehålla vattenvolymer under längre tid. Perkolationsmagasin är i grunden samma sak som fördröjningsmagasin med skillnaden att dess väggar och botten inte är helt slutna. Det leder till att dagvattnet kan läcka ut och perkoleras till ned till grundvattnet under konstruktionen (Svenskt Vatten, 2011).

## 2.2 Stockholm och Uppsala åtgärdsnivåer

Ett ramdirektiv togs fram år 2000 där alla EU:s medlemsländer ska gemensamt jobba för att uppnå en god vattenstatus till år 2015. Direktivet innefattar all form av vattenhantering och målet är att grundvatten ska ha god kvantitet samt god kemisk status, även sjöar, vattendrag och kustvatten ska uppnå god vattenstatus i ekologiskt och kemiskt syfte (Svenskt Vatten, 2019). Detta direktivet resulterade i att Sverige påbörjade ett nationellt arbete med vattenhanteringen (Lunds kommun, 2018).

År 2016 uppdaterade Stockholm och Uppsala sina dagvattenstrategier för att fortsätta arbetet för god vattenstatus. För att följa de miljö kvalitetsnormer som finns behöver föroreningsminskningen vara 70–80%, vilket leder till att konstruktionerna behöver klara att fördröja och rena 90% av årsnederbörden för den avsatta ytan. Tilläggen som gjordes i strategierna var att vid varje nyprojektering och större ombyggnation ska en dagvattenkonstruktion kunna magasinera 20 mm vattenvolym från avsatt yta samt klara av en större reningsgrad än sedimentering (Stocholms stad, 2016).

Denna uppdatering av dagvattenstrategin gjordes för att på ett lättare sätt konkretisera vilka dagvattenåtgärder som behövs för att uppnå Stockholm och Uppsalas dagvattenmål samt de svenska kraven. Åtgärdsnivåerna ska förbli en standardisering för att uppnå målvärdena (Stocholms stad, 2016). Därav har beräkningarna i fallstudien grundats i att klara dessa värden.

## 3. Litteraturstudie

*Denna del syftar till att undersöka vad litteraturen säger kring dagvattenhantering kopplat till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning för att kunna besvara den första delfrågan: Hur kan urban dagvattenhantering bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning?*

### 3.1 Dagvattenhantering + ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster är samlingsnamnet för de tjänster som vårt ekosystem bidrar med kontinuerligt till vårt samhälle, indirekt eller direkt för människan enligt Millennium Ecosystem Assessment (2005). Samlingsbegreppet ekosystemtjänster delas upp i fyra större kategorier producerande, reglerande, kulturella och stödjande tjänster där alla individuellt har underkategorier, alla viktiga för att få ett balanserat ekosystem. I kategorin reglerande tjänster har människan stor påverkan hur dess ekosystem kommer fungera, det är inom denna kategori som regleringen av klimatet, sjukdomar, luftkvalitet, vattenrening ingår (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

### 3.1.1 Rening av vatten med filterhantering

I gatumiljöer med trafik och hårdgjorda ytor samlas en stor mängd föroreningar som både är luftburna och partikelbundna. De luftburna föroreningarna fastnar på närliggande byggnader eller vegetation. De partikelbundna föroreningarna tillkommer till gaturummet med trafik och skräp från allmänheten

I SWECO (2010) rapporteras det sammanställda data på de vanligaste tungmetaller och föroreningar som går att hitta i ett gaturum. Det har sammanställts till totalt 14 stycken ämnen som är de vanligaste och de används som standardvärden vid mätningar av dagvattnet. Med hjälp av dessa 14 ämnena har schablonhalter framräknats, halterna visar medelvärden från mätdata under längre perioder. Schablonhalterna är uppdelade efter varifrån data har samlats in till exempel tät stadsbebyggelse, gles stadsbebyggelse, centrum, industriområden, flerfamiljshus och radhusområden. Informationen hjälper VA-avdelningarna i kommunerna att avläsa varifrån det kommer mest föroreningar och tungmetaller, vilket hjälper dem att applicera rätt reningsmetod inom området (SWECO, 2010).

Forskning som Blecken (2016) tar upp visar att reningseffekten har varit varierad beroende på om reaktiva filter eller membranfilter används. Reaktiv filtrering utgörs av kemisk fällning, det innebär att kemiska material absorberar varandras bindningar, till exempel så fungerar bränd kalk väldigt bra för att binda till sig fosfor. Reaktiva filtermassor är varierande, det är bland annat träspån, torv, sågspån, zeoliter och kalksten med flera. Flertalet forskningar som Blecken (2016) benämner påvisar att varje individuell filtermassa har god reningsförmåga på specifika kemikalier och tungmetaller. Dock har inte någon standardiserad blandning tagits fram då förutsättningarna för dagvattnet varierar i urban miljö.

Genc-Fuhrman, et al (2007) och Wium-Andersen, et al. (2012) berör även risken med reaktiva filters användning och hur de kan ge negativ inverkan på dagvattnet. Anledningen är att filtermaterialen i sig kan bidra med ämnen som kan tänkas sänka pH samt att de metaller som filtermassan själv bidrar med kan tänkas lakas ur.

Membranfilter som reningsform är ett mindre utforskat område till skillnad från de reaktiva alternativen. Membranfilter bygger på att vattnet ska transporteras genom ett konstgjort material som har en bestämd genomsläpplighets storlek (Blecken, 2016). Filtren släpper igenom olika stora partiklar. Mikrofilter släpper igenom 0,1–10 µm som är jämförbar med makromolekyler, ultra filter har genomsläpplighet på 1–100 nm som binder till sig mindre molekyler, sedan finns även nanofilter som endast låter passera storlekar på jon nivå (Baker, 2008). Blecken (2016) hävdar att med rätt användning av försedimentering som sandfilter i brunnar och ett membranfilter med en storlek på 0,3 µm skulle ta bort väldigt stor del av metallföroreningarna i dagvattnet. För att uppnå bättre resultat så behövs då ett kolfilter som binder till sig de organiska föroreningarna (Blecken, 2016).

Blecken (2016) tar även upp de negativa aspekterna för användningen av membranfilter, som är dess livslängd och prestanda. Filterbytena bör ske 1–3 gånger per år för att uppnå goda resultat. Filtrens prestanda påverkas av dess skötsel. Filtren har hög prestanda om det ytavspolas med jämna intervaller samt om de luftas, till skillnad från de reaktiva filtren som fungerar passivt.



### 3.1.2 Rening av vatten med biofilter.

Blecken (2016) beskriver hur biofiltreringen är en helt naturlig process som använder sig av de fysiska, biologiska och kemiska förutsättningarna som finns i omgivningen. Reningen sker med hjälp av vegetation och det växtsubstrat som växterna planteras i. Växtsubstratet består av en specifikt konstruerad mineraljord med hög infiltration och perkolationsförmåga som med hjälp av mekanisk filtrering binder till sig föroreningarna kemiskt via det kat och-anjons utbyte som sker naturligt i mineraljorden. Växternas påverkan vid ytan hjälper till med sedimentering av större partiklar som förs in i regnbädden samt att de minskar vattenflödet och förebygger erosion. Växtrötter bidrar också med luckring av växtsubstratet vilket förebygger igensättning av mineraljorden, det bidrar också till att luft kan ta sig längre ner i bädden, som gör det lättare för växternas rötter i symbios med mikrolivet i växtsubstratet att ta upp de näringsämnen som innehålls i dagvattnet. (Blecken, 2016)

Dagvatten konstruktionernas uppbyggnad kan variera beroende på vilken terrass typ som finns i området. Om terrasstypen har god infiltrationsförmåga kan det rena vattnet transporteras neråt i terrassen och fungera som en påfyllningspunkt för grundvattnet. Denna utformning kan användas på platser där föroreningshalterna är låga och inte bidrar till försämrat grundvatten. Vanliga konstruktioner för dessa ändamål är våtmarksområden och dammar (Svenskt Vatten, 2011).

Fridell & Jergmo (2015) beskriver uppbyggnader av konstruktioner som är mer anpassningsbara för en urbanmiljö än vad våtmarker och dammar är. Urbana gatumiljöer innehåller ofta kontaminerad terrass på grund av långvariga utsläpp samt förorenade byggmaterial. Konstruktionerna innesluts då med hjälp av en gummiduk, för att inte låta nytt dagvatten infiltreras genom den förorenade terrassen vilket leder till en urlakning ned till grundvattnet. Det är samma process med mineraljorden och vegetationens samarbete med den skillnad att i konstruktionsbotten förses med ett dräneringsrör som transporterar bort vattnet via Va systemet. Regnbäddar och översilningsytor samt översvämningssytor kan vara några av dessa konstruktioner.

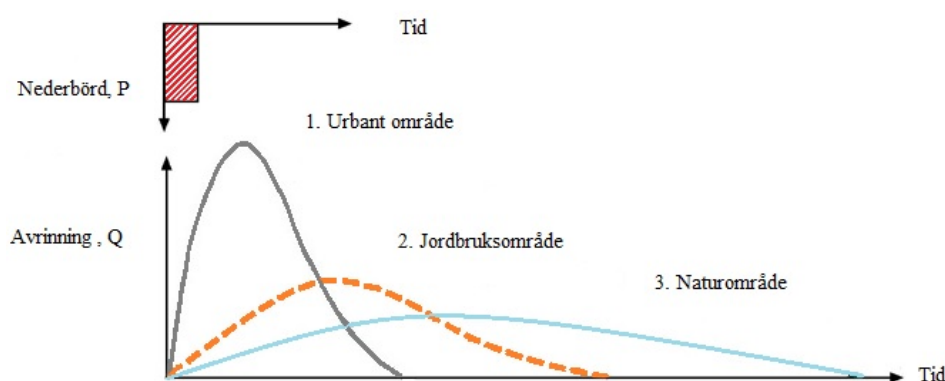
Fridell & Jergmo (2015) beskriver även en kombination av de två ovanstående konstruktionerna. Där finns det ingen duk som förseglar konstruktionen utan det är öppen tillgång till terrassen, men botten är utrustad med ett makadam lager och ett dräneringsrör som ska transportera bort resterande vatten som inte terrassen kan hantera. Dessa lösningar används ofta på regnbäddar och makadamfyllda diken i kombination med biofiltrering (Fridell & Jergmo, 2015). I Gröna Fakta (2018) uppskattas reningsförmågan hos biofilter vara 70–90 procent vilket anses som god förmåga.

Ett ytterligare sätt till biofiltrering är den process som trädrötter bidrar med om de planteras i öppna förstärkningslager. Klimatsäkradstad (2019) förklarar hur öppna förstärkningslager kan kombineras med en mängd olika biofilters konstruktioner som regnbäddar, svackdikesplantering, trädgropar i hårdgjord yta med flera. Gröna Fakta (2018) förklarar hur de större hålrummen i förstärkningslagret ger trädrötterna möjlighet att växa mellan stenarna och i samband med det kan mikroorganismerna plocka upp föroreningar och näringsämnen från dagvattnet. Det öppna förstärkningsmaterialet ökar gasutbytet vilket leder till högre tillväxt för rotsystemet som i sin tur ökar trädets möjlighet att förse mikroorganismerna med mer kolhydrater

som de behöver för att plocka upp näringsämnen och föroreningar. För att ge träden bättre växtförutsättningar så kan förstärkningslagret blandas tillsammans med biokol som ökar mängden mikroorganismer vilket leder till en ökad reningseffekt (Gröna Fakta, 2018).

### 3.1.2 Fördröjning

Fördröjning i dagvattensammanhang är i korthet reducering av det vattenflöde som förs mot recipienten. Urbana miljöer medför hårdgjord beläggning och det ökar flödes hastigheten för vattenmassorna, vilket leder till hård påfrestning på Va-systemet som kan leda till erosionsskador ovan och under jord. Svenskt Vatten (2011) beskriver vattenflödets skillnad mellan urban miljö och ett naturområde. Avrinningen som visas i figur 1:1 återspeglar avrinningstiden för nederbörd mellan de olika naturtyperna, vilket också visar vilken påfrestning recipienten utsätts för över en tid.



Figur 1:1 förändringen av avrinningsförloppet, baserat på naturvårdsverket 1980. Av Anders Ryttegård

Svenskt Vatten (2011) hävdar att det gamla sättet att hantera dagvattnet på inte fungerar längre då Va-systemen är för gamla och flödesmängden är för stor.

För att minimera flödestoppar så används fördröjnings konstruktioner som omhändertar stora vattenmängder samt att öka rinntiden till recipienten.

Svenskt Vatten (2016) ställer krav på dimensionering av dagvattenanläggningar i urban miljö. Dimensioneringen på konstruktionen utförs efter vilken plats i staden den placeras. Är platsen inne i en tät stadskärna ska systemet dimensioneras för att kunna ta emot 30 års regn, om konstruktionen var placerat i ett tätt villaområde hade det dimensionerats efter 20 års regn, vid ett glest område villaområde 10 års regn. Anledningen till dimensioneringsskillnaderna är att den täta stadskärnan har mindre ytor med trög avrinning än villaområdet (Svenskt Vatten, 2016).

Som litteraturen tidigare tar upp är filterhanteringen en lösning för rening av dagvattnet, men den lösningen minimerar inte vattenflödet vilket har lett en utveckling och användandet av perkolations- och fördröjningsmagasin samt öppna förstärkningslager vars grundfunktion är att fördröja vatten.

Svenskt Vatten (2016) förklarar hur varje magasinvolym beräknas med hjälp av uträkningen erforderlig magasinvolym som tas fram med hjälp av den rationella metoden samt regnenvelopmetoden, som är väl använt inom hydrologiberäkning. För

att få fram den erforderliga magasinvolymen behövs en avtappningshastighet för magasinerna i liter per sekund per hektar. Enligt EU:s vattendirektiv förespråkas att avtappningen för naturmark ska vara 1,5 liter per sekund och hektar. Den siffran är svår att komma ner till i en urban miljö men det eftersträvas. Utöver avtappningen behövs en regnmängd och en rinntid i minuter samt den reducerade area som är avrinningsområdet för konstruktionen. Utifrån dessa parametrar beräknas magasinens storlek. (Svenskt Vatten, 2016)

Både perkolation och fördröjnings konstruktioner är applicerbara i gatumiljöer då de kan vara nedgrävda under trottoarer, parkeringsplatser, gångstråk eller närliggande vegetationsytor. För att använda sig av underjordiska magasin är förutsättningen att grundvattnet inte ska kunna stiga upp in i konstruktionen, eller att grundvattentrycket ska kunna lyfta och förflytta konstruktionen. Systemen kan vara i prefabricerade i betong eller plast, det finns även platsgjutna konstruktioner i betong (Svenskt Vatten, 2011). Magasinen kan installeras med egna filter vid dess inlopp för att ge en renade effekt, dock så måste skötseln på filtren utföras noggrant och regelbundet. Om sediment och skräp samlas i magasinerna blir rengöringsarbetet mycket omfattande (Svenskt Vatten, 2011). Konstruktionerna kan utrustas med en bestämd eller justerbar avtappning.

Det mer gröna och naturliga sättet att fördröja vattenmassorna är med öppna konstruktioner, så som makadamdiken, diken, åar och dammar. Dessa konstruktioner är dock mer platskrävande och kräver högre noggrannhet vid projekteringen då topografin blir en grundfunktion (Svenskt Vatten, 2016). De öppna fördröjningskonstruktionerna innehar större volymkapacitet än vad rörsystemen har och det medför också större flöden, vilket kan vara negativt vid en felaktig utformning men väldigt gynnsamt vid en korrekt (Svenskt Vatten, 2011). De öppna konstruktionerna är inte optimala att applicerbara i tät urban miljö på grund av dess platsåtgång eller markförhållanden. Då kan fördröjningskonstruktioner med öppna förstärkningslager vara ett gynnsamt alternativ. Fridell & Jergmo (2015) hävdar att förstärkningslagret kan bidra med en fördröjning upp till 400 liter vatten per m<sup>3</sup> utlagt förstärkningslager beroende på fraktionen på stenen. För att upprätthålla bärligheten för trafikklasserna har det tagits fram olika stenfraktioner i mm t.ex. 2–32, 32–63, 2–90, 16–90 eller 32–90 kan ingå i överbyggnaden (Gröna Fakta, 2018). Det som är viktigt för att denna konstruktion ska bli effektiv är att inloppen är försedda med försedimentering så att enbart vatten rinner in hålrummen som finns, annars så sker det en igenslamning med tiden, vilket minskar magasineringsskapaciteten med tiden. En viktig faktor för att kunna använda denna konstruktion är att det endast fungerar på platser där grundvattnet inte kan stiga in i konstruktionen.

Vattenmängden går att kontrollera i förstärkningslagret med hjälp av styrningsbrunnar som är konstruerade för att kontrollera utloppsflödet. Med kontrollen kan avtappningstiden beräknas och justeras så att det kan hjälpa träd och planteringar med vatten under torrperioder. Förstärkningslagrets funktion i samband med regnbäddar är framförallt ökad magasinering vid kraftiga regn. Vid kraftiga regn kommer först regnbädden fyllas, med hjälp av en bräddfunktion kan vattnet transporteras ner till förstärkningslagret. Samtidigt tar styrningsbrunnarna och luftbrunnarna in resterande dagvatten till förstärkningslagret. Funktionen blir som ett magasin vid kraftiga regn (Gröna Fakta, 2018). Under längre torrperioder så kan förstärkningslagren bli torra och det påverkar mikroorganismerna negativt då de trivs bättre i fuktiga miljöer. En

lösning för att förstärkningslagret skall hålla en jämnare fuktighet är att koppla på de närliggande fastigheternas takvatten till systemet så att förstärkningslagret hålls fuktigt vid mindre regn också (Gröna Fakta, 2018).

För att beräkna mängden förstärkningslager som behövs till att magasinera för dagvatten används samma regnenvelopmetod som för perkolations- och fördröjningsmagasin. Skillnaden är då att mängden förstärkningslager i m<sup>3</sup> får multipliceras med 0.4 för att ge den erforderliga magasinensvolymen.

### 3.2 Sammanställning

Litteraturen säger att dagvattensystem kan bidra med ekosystemtjänsterna rening och fördröjning. Men för att konstruktionerna ska göra det behövs säkra grundvattennivåer som blir opåverkad av konstruktionerna placering. Utöver det så behöver topografin och höjdsättningen vara korrekt för att transportera vattenmängderna till konstruktionerna.

När det kommer till rening så behöver de filterkonstruktionerna som benämnts ha en regelbunden skötsel och en väl utförd föroreningskartering som visar vilka föroreningar som finns i området, samt att filter alternativen som ska reducera föroreningar till de värden som EU:s vattendirektiv eftersträvar.

Vid rening med biofilter är det viktigt att det finns en översvämningsszon som är tillräckligt stor för att ta hand om den regnmängd som konstruktionen är dimensionerad till, samt att mineraljorden och växtsubstratet ska ha en god genomsläpplighet för att kunna perkolera vattnet ur konstruktionen. Växtligheten i biofiltren har en stor betydelse då de står för sedimentering och minskar flödet in i konstruktionen. Valet av växter är viktigt för att få en så god reningskapacitet som möjligt, då dess rötter luckrar upp mineraljorden så att det bildar nya hålrum som vattnet letar sig ned i, samt att det bidrar till upptagningen av de kemiska föroreningarna.

När det kommer till fördröjning visar litteraturen att det är möjligt att använda dagvattenkonstruktioner för att minska flödestopparna som tillkommer vid regn i urbana miljöer. Vid användning av fördröjnings- och perkolationsmagasin fungerar dessa som utjämningslager under den täta beläggningen. Litteraturen skiljer på de två konstruktionerna då perkolationsmagasinen ej är täta och kan på så sätt fungera till grundvattenspåfyllning också. En viktig aspekt att beakta är att dessa konstruktioner ska hållas fria från sediment för att upprätthålla full effekt.

Öppna dagvattenlösningar ses enligt litteraturen som väldigt effektiva men platskrävande och har svårt att appliceras i täta urbana miljöer. Vid användning av öppna förstärkningslager är förutsättningarna samma som vid magasinskonstruktioner, det bör endast göras på områden som inte påverkas av grundvattnet. Litteraturen säger att förstärkningslagret kan bidra med en fördröjning av dagvatten upp till 400 liter per utlagd m<sup>3</sup>. Litteraturen framhäver även att öppna förstärkningslager kan bidra till en ökad rening av dagvattnet då det ger träd möjligheten att växa i hålrummen som skapas, dock sker denna process mer framgångsrikt om biokol blandas in i förstärkningslagret.

För att garantera bebyggelsens säkerhet beräknas konstruktionerna så de kan klara av att transportera vidare vattnet innan det påverkar bebyggelsen, det görs med styrningsbrunnar eller med ett förbestämt tömningsflöde. Litteraturen framhäver att regnenvelopmetoden används för att beräkna de magasinsvolymerna som behövs för att klara av de regn som projekterats.

Om de ovanstående förutsättningarna uppfyllts så kan dagvattenkonstruktioner bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning.

## 4. Fallstudie

*Denna del syftar till att få en fördjupad förståelse för olika anläggningskostnader av olika dagvattensystem applicerat i ett gaturum samt vilken kapacitet avseende rening och fördröjning de olika konstruktionerna har. Detta för att besvara de tre sista delfrågeställningarna. Fallstudien utgår från de fyra tidigare presenterade teoretiska gatussektionerna.*

### 4.1 De fyra scenarierna och dess förutsättningar

Fallstudien utgår från en nyexploateringssituation där ett nytt gaturum ska utformas i en stadsmiljö. Gatans funktion är en uppsamlingsgata med anslutande lokalgator. Förarbetet avseende fjärrvärme, vatten- och avloppsledningar samt dagvattenstamledning redovisas ej i denna fallstudie, det är endast överbyggnads skedet som berörs. Gatan konstrueras efter trafikverkets trafikklass 2. Gatan byggs i Sveriges klimatzon 1 och har en terrass 4B enligt TRV Geo (Trafikverket, 2011). Terrassen har tjälfarlighetsklass 3. Gatans längd är 75 meter lång och har en totalbredd på 20,5 meter. Gaturummet innehåller gångbana, cykelbana, körbana och en flexzon som fungerar som kantstensparkering för bilar i körriktningen. Vid ändarna på gatan placeras övergångsställen med bredden 5 meter. En parkeringsfri zon innefattas 10 meter från ändarna/korsningarna i bilarnas körriktning, det görs på grund av Sveriges trafikregler vid parkering.

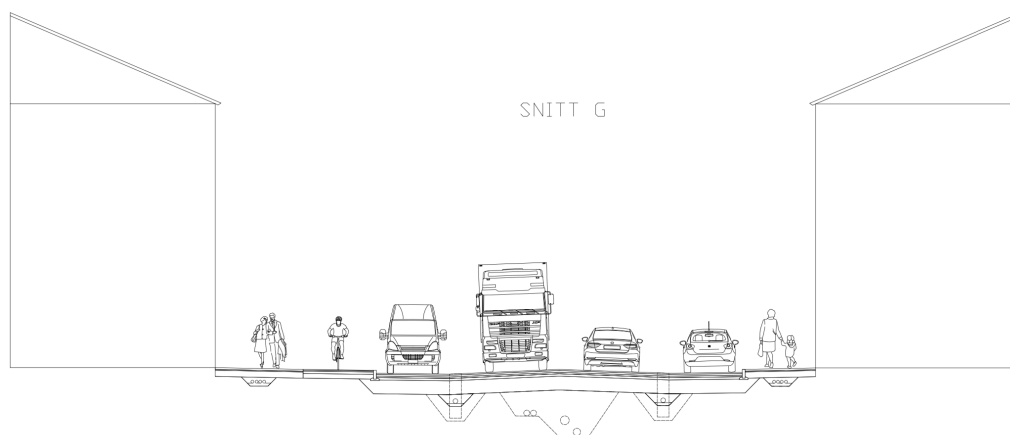
Lutning på rör och beläggning är enligt svensk byggstandard och kommer därför inte att förtydligas på ritning. Till gaturummet finns två anslutande hus med tak som avvattnas till hälften in i det projekterade området, takytorna som avvattnas har en total area på 1050 m<sup>2</sup>. Beräkningarna för vattenvolymer är grundade på ett 30 års regn, det är tänkt att gatan ligger i en tät stadskärna.

Totalytan för gaturummets golv är 1 537,5 m<sup>2</sup>, vilket resulterar till en totalyta 2587,5 m<sup>2</sup>. Beläggningens material är av asfalt, betongplattor, kantstenar. Utöver dessa finns det brunnsbeteckningar, trädgropsgaller och regnbäddar samt vegetationsytor. För att lättare kunna jämföra de olika scenarierna kommer de grågröna (GG), grönblågrå (GBG) och blågrå (BG) scenariona innehålla samma procent grönyta, vilket utgör 10 % av totalytan.

De material som används i överbyggnaden för hårdgjord yta är samkross och bitumenbundna lager. Vid uppbyggnaden av överbyggnaden används geotextil som läggs mot terrassen samt mellan lagren av samkross och makadam. Fyllning kring täta

rör görs med fraktionen 0-16 samkross medan vid öppna dränrör används makadam 8-16. All schaktmassa förs från platsen och återanvänds inte inom området. Överbyggnadsmaterial köps in och inga befintliga material används inom området. Schakt och överbyggnadsmaterialsmängd beräknas i m<sup>3</sup>. Volymen är framräknad utifrån AMA förteckningar för utfört arbete och dess kvadratmetersyta. Övrigt material såsom brunnar, betäckningar, kantstöd, beläggningar utgår ifrån svensk byggstandard.

### Scenario Grå (G)



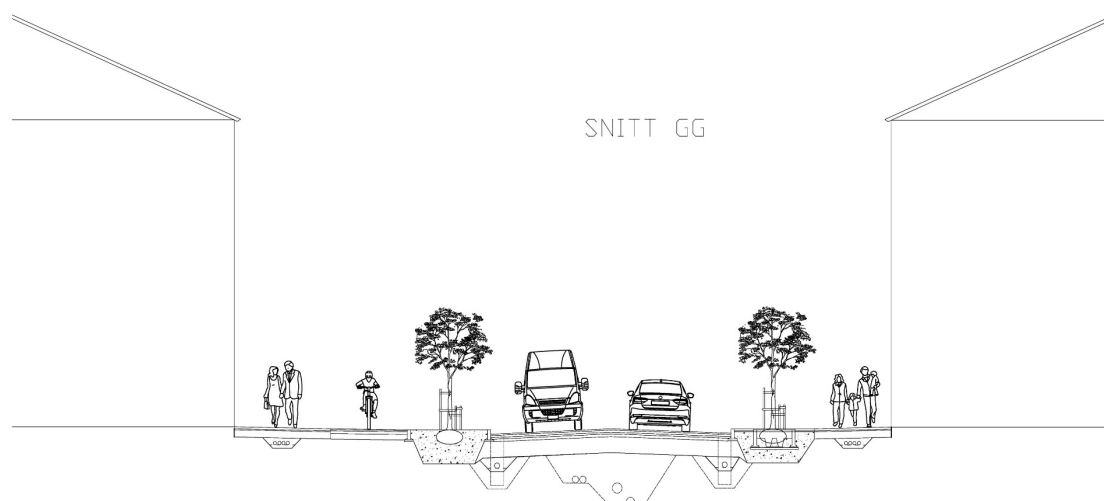
Figur: 2 Ett snitt av scenario (G) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Anders Ryttegård

Detta scenario har skapats för att återspegla den traditionella hanteringen av dagvatten som fortfarande projekteras och används. Vegetationen är borttagen från detta gaturum för att redovisa hur mycket användandet av vegetation påverkar fördröjning och reningseffekten i de andra scenarierna.

De arbetsmoment som innefattas i scenariot är schaktning, utläggning av överbyggnad, brunnssättning, rör- och kabelläggning, rörskyddsfyllning, kantstensmontering, plattläggning samt asfalteringen och målning av linjemarkeringar. Momentordningen samt de ekonomiska resultaten redovisas i (bilaga 2).

Materialåtgången har beräknats fram med hjälp av bilaga 1, förutsättningar i form av materialtjocklekar samt längd och antalsmängd.

## Scenario Gröngrå (GG)



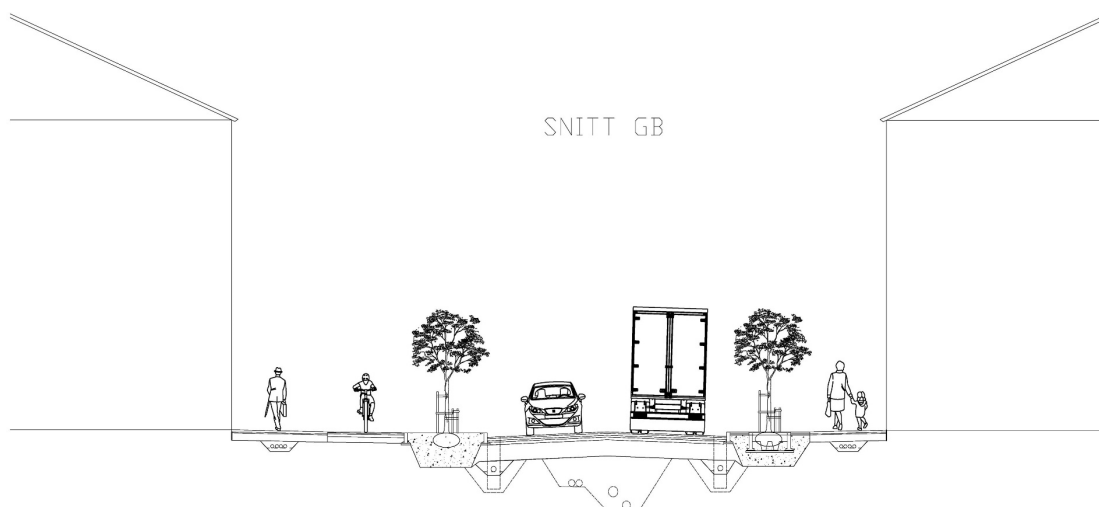
Figur 3 Ett snitt av scenario (GG) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Andes Ryttegård

Detta scenario har under lång tid varit en form av standardutformning av ett gaturum. Scenariot innefattar vegetation i form av trädplanteringar samt buskplanteringar, som benämns som vegetationsyta. Konstruktioner med reningens och fördröjnings alternativ är inte projekterade i detta förslag. Denna utformning ska fungera som ett mellanting mellan scenario (G) och (GB) samt (GBG) för att urskilja de skillnader som finns i pris, fördröjning och reningsförmåga. Vegetationen är medprojekterad för att redovisa om den har någon inverkan på fördröjning och reningsresultaten.

De arbetsmoment som tillkommer utöver de tidigare nämnda i scenario (G) är uppbyggnad av växtbädd, plantering och trädstödsmontering

Växtmaterialet är inte artspecifiserat i fallstudien, den ekonomiska redovisningen avsätter en klumpsumma som är framräknad för att räcka till växtmaterial för de avsatta ytorna.

## Scenario Gråblå (GB)

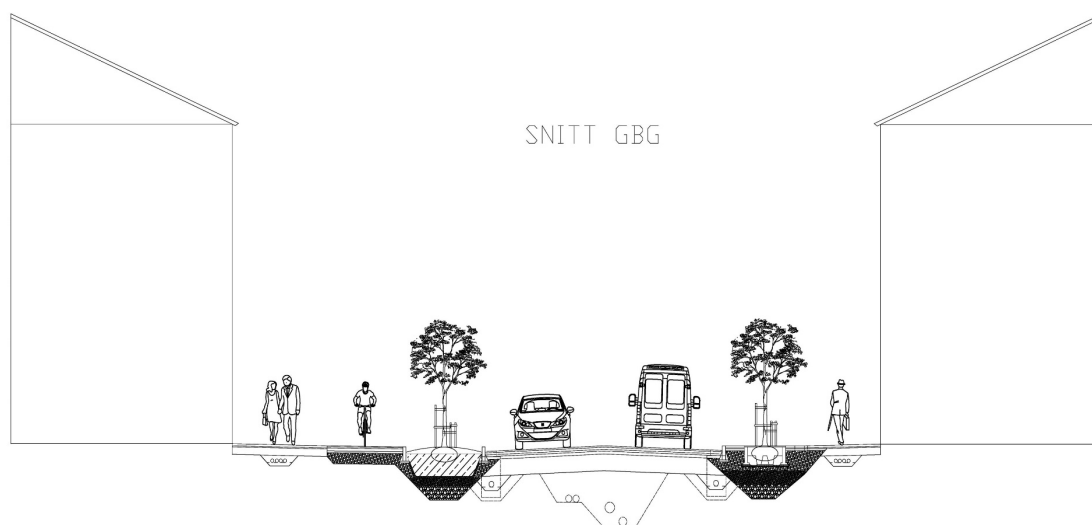


Figur 4 Ett snitt av scenario (GB) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Anders Ryttegård

Detta scenario skapades för att undersöka om de moderna filter och fördröjningskonstruktionerna skulle kunna bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning, och därmed vara ett tänkbart alternativ istället för scenario (GBG) i en urban miljö.

Uppbyggnaden av detta gaturum är samma som i scenario (GG) med den skillnaden att de projekterade brunnarna nu är utrustade med filtrering. Dessa brunnar är seriekopplade och avleder vattnet till ett perkolationsmagasin som inte är inritat på plan och sektionsritningarna i (bilaga 1). Perkolationsmagasinets pris utgår från 5000 kr per anlagd m<sup>3</sup>. Totalsumman återspeglar den erforderliga magasinetsvolym som behövs för att omhänderta dagvattnet inom gaturummet.

## Scenario Grönblågrå (GBG)



Figur 5 Ett snitt av scenario (GBG) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Anders Ryttegård.



Detta scenario framtogs för undersöka om konstruktionen regnbädd i kombination med ett öppet förstärkningslager kan bidra med ekosystemtjänsterna rening och fördröjning.

Till skillnad från det tidigare scenarierna G,GG,GB så har GBG en mer omfattande uppbyggnad. Det blir fler moment och komponenter för att konstruktionen ska uppfylla sitt syfte.

De komponenter som är nya i detta scenario är växtbäddssubstratet, det öppna förstärkningslagret, biokol, luft- och styrningsbrunnar. Det är inte många komponenter men det är omfattande sådana som påverkar hanteringen av vattnet. Funktionen och användningen av dessa komponenter beskrivs i avsnitt 3.1.

Scenariots moment dubblas då arbetsgången för det scenariot sker i två etapper. Första etappen innefattar schaktning för hela gatan efter ritningar i bilaga 1. Vid utläggning av överbyggnaden kommer även vegetationsytorna att byggas upp med överbyggnad i form av förstärkningslager. Detta görs för att byggtrafik ska få tillgänglighet inom hela gaturummet utan att förstöra dess växtbäddar. I etapp ett asfalteras även ytorna över växtbädden för att inte föra ner föroreningar och sediment till förstärkningslagret. De luft-och styrningsbrunnar som installerats i etapp ett pluggas av samma anledning.

I etapp två då byggnationen av bebyggelsen färdigställts startas slutarbetet med växtbäddarna. Asfalten och försäkringslagret schaktas bort och arbetet med kantstödssättning och återfyllnad av det öppna förstärkningslagret och växtsubstrat tar sin början. Redovisningen för scenario GBG delas upp efter etapper för att visa tydlig hantering av massor och arbetsmoments ordning i bilaga 2.

## **4.2 Resultat fallstudie**

Fallstudiens syfte var att konstruera fyra olika gaturum med olika utformning och beräkna hur mycket varje individuellt gaturum skulle kosta beroende på vilken dagvattenkonstruktion som applicerades. Kostnaden för varje gaturumsutformning delas med den fördröjningskapacitet varje dagvattenkonstruktion klarar av. Fallstudien visar vilken reningseffekt varje konstruktion har för att minimera föroreningsutsläppen.

### **4.2.1 Fördröjning**

#### **4.2.1.1 Grå (G).**

Enligt fallstudiens resultat finns ingen fördröjning i scenario G mer än den minimala påverkan som avrinningskoefficienten bidrar med vid beräkningen av regnmängden. Fallstudien visar att de 51,6 m<sup>3</sup> dagvatten som rinner av ytan påverkar recipienten och det befintliga va-systemet. För mer detaljerad information se (bilaga 3)

#### 4.2.1.2 Grågrön (GG)

I scenario GG kan fallstudiens beräkningar visa att den mängd av tillagd vegetationsyta inte påverkar fördröjningskapaciteten i gaturummet. Anledningen är att vegetationsytorna är för små, den procentuella skillnaden gör inte slutberäkningarna av regnmängden som förs bort från gaturummet. Det visar dock att den vegetationsyta som vattnet måste transportera sig över för att nå brunnarna minskar flödet lite, men inte till den effekt att det kan hantera ett 30 års regn. För mer detaljerad information se (bilaga 3).

#### 4.2.1.3 Gråblå (GB)

Fallstudien redovisar att användandet av fördröjnings och perkolationsmagasin har en positiv verkan på att fördröja vattenflödena till recipienten. I scenario GB redovisas att gaturummet behöver inneha ett magasin med kapaciteten att rymma 127 m<sup>3</sup>. För mer detaljerad information se (bilaga 3).

#### 4.2.1.3 Grönblågrå (GBG)

Fallstudiens beräkningar visar att biofiltrening i form av en regnbäddskonstruktion i kombination med ett öppet förstärkningslager klarar av att fördröja det beräknade 30års regnet. Den översvämningszon som regnbädden bidrar med tillsammans med det öppna förstärkningslagret genereras en magasinsvolym till 133,77 m<sup>3</sup>. Beräkningen av den erforderliga magasinsvolym som regnmängden kräver för att bibehålla 30 års regnet uppgick till 128 m<sup>3</sup>. Vilket resulterar i en överkapacitet på 5,77m<sup>3</sup>. För mer detaljerad information se (bilaga 3).

### **4.2.2 Rening**

#### 4.2.2.1 Grå (G)

I avseende rening i scenario (G) förekommer inte någon renande process. Som fallstudien visar med hjälp av (bilaga 4) så kan denna dagvattenkonstruktion inte bidra till ekosystemtjänsten rening. Fallstudiens resultat för scenariot kan ligga till grund för vilka föroreningsmängder som en konstruktion nedströms behöver vara konstruerad för att klara.

#### 4.2.2.2 Grågrön (GG)

Scenariots resultat visar att den vegetationsmängd som tillkom till gaturummet inte gav någon inverkan på reningsförloppet enligt Stormtac. Användandet av vegetationsytor som ej är anslutna till va-systemet bidrar då inte med den reningsförmåga som behövs för att uppnå de krav som Stockholm och Uppsalas åtgärdsnivåer kräver, den sedimentavskildring som vegetationsytorna bidrar med klara inte kraven. Mer ingående resultat visas i (bilaga 4).

#### 4.2.2.3 Gråblå (GB)

Fallstudiens beräkningar visar att konstruktionerna i scenario (GB) har god effekt på rening av dagvattnet. Men jämföranden av scenario (G & GG) påvisar resultatet att samtliga registrerade ämnen reducerades till minst 57 %. Cirka två tredjedelar av ämnena har en reningsförmåga över 80 % för individuellt ämne. Av de 13 ämnen som registrerats visar fallstudien att endast två av dem har visats ha hög säkerhetsgrad och åtta stycken visar medelhög, och tre stycken visar låg säkerhet för reningseffekten av dagvattnet. För mer utförlig information se (bilaga 4).

#### 4.2.2.4 Gråblågrön (GBG)

I scenario (GBG) visar fallstudien att reningsförmågar är hög. Reningsgraden visar att ämnena renas till ett minimum av 70 % jämfört med scenario (G & GG). Även i detta scenario har cirka två tredjedelar av de 13 ämnena en reningsförmåga på över 80 %. När det kommer till säkerhetsgraden av reningen så är den identisk med scenario (GB). Biofiltren redovisade en högre upptagningsförmåga av ämnena (N & P) än vad filterhanteringen gjorde. För mer utförlig information se (bilaga 4).

### **4.2.3 Kostnader**

#### 4.2.3.1 Grå (G)

Scenario G:s plan och sektionsritning visas i (bilaga 1) och dess uträkningar i (bilaga 2). Den totala anläggningskostnaden för scenario G blev 1 482 634 kr vilket resulterar i att priset per löpmeter färdig gata blir 19 768 Kr. Eftersom scenario G inte utrustades med något fördröjnings- eller reningssystem minimerades inte flödet eller föroreningsmängden alls.

#### 4.2.3.2 Gröngrå (GG)

Plan- och sektionsritningar för Scenario GG visas i (bilaga 1) och dess uträkningar i (bilaga 2). Total anläggningskostnad blev 1 804 401 kr som ger ett löpmeterpris på färdig gata till 24 059 kr. Ökningen kostnadsmissigt beror till stor del av de tillkomna vegetationsytor och hanteringen vid utförandearbetet, även den faktiska kostnaden för vegetationsmaterialet. Scenario GG var inte utrustad med något renings eller fördröjningsfunktion där av inget resultat. Dock visades en cirka 21 % ökning i löpmeterpris mot scenario G.

#### 4.2.3.3 Gråblå (GB)

Plan- och sektionsritningar för scenario GB visas i (bilaga 1) och dess uträkningar i (bilaga 2). Den totala anläggningskostnaden blev 2 462 429 kr. Löpmeterpriset för färdig gata blir 32 832 kr. kostnadsökningen från de tidigare scenarierna beror på filterbrunnar och perkolationsanläggning. Som studiens uträkning visar behövs en magasinvolym på 127m<sup>3</sup> för att hantera ytans avvattning. Eftersom förutsättningarna var att anläggandet per behövd m<sup>3</sup> magasinvolym uppgick till 5000kr, så resulterar det till att det blir kostnaden för fördröjt dagvatten i m<sup>3</sup>.

Totalkostnaden däremot blir högre än de tidigare scenarierna, löpmeterpriset ökar med 66% respektive cirka 36% mot Scenario G och GG.

#### 4.2.3.4 Grönblågrå. (GBG).

Plan- och sektionsritningar för scenario GBG visas i (bilaga 1) och dess uträkningar i (bilaga 2). Totala anläggningskostnaden för scenario GBG blev 2 293 135 kr och det resulterar till en kostnad per löpmeter färdig gata till 30 575 kr. Kostnadsökning i scenariot beror på utformningen av regnbäddarna och växtsubstratet, samt momentökning vid anläggningsutförandet. Magasinsuträkningen för scenario GBG resulterar i en magasinstillgänglighet på 133,77. Den erforderliga magasinsvolymen resulterade endast i 128 m<sup>3</sup> vilket visar på en överkapacitet med 5,77 m<sup>3</sup>. Om totalkostnaden divideras med magasinsvolymen blir kostnaden per anlagd m<sup>3</sup> 17 241 kr. Om den kostnaden sedan divideras med regnvolumen 51,6 m<sup>3</sup> blir då resultatet 334 kr per fördröjd m<sup>3</sup> för det förbestämda regnet. Löpmeter priset jämfört med Scenario G och GG är en kostnadsökning med cirka 54 % respektive 27 %. Jämförande scenario GB är det en kostnadsminskning med cirka 7 %.

#### *Sammanfattning kostnader*

Tabell 1. kostnadsredovisning av scenarierna av: Anders Ryttegård

Scenario	Total kostnad kr	Lmp kostnad kr	Anlagd mag. Kostnad m <sup>3</sup> kr	Fördröjd m <sup>3</sup> kr 30 års regn.
G	1 482 634	19 768	0	0
GG	1 804 401	24 059	0	0
GB	2 462 429	34 832	5000	5000
GBG	2 293 135	30 575	17 241	334

Tabell 2. Kostnadsjämförelse i procent, av Anders Ryttegård.

Total kostnad i %	G	GG	GB	GBG
Scenario G	0%	-21,7%	-39,7%	- 35,3%
Scenario GG	+ 17,8%	0 %	-26,7%	- 21,3%
Scenario GB	+ 66 %	+ 36,4%	0%	+ 7,3 %
Scenario GBG	+ 54,6 %	+ 27%	-6,8%	0%

Kostnadsförklaring.	Minskning	Utgångskostnad	Ökning
---------------------	-----------	----------------	--------

Kostnaden för fördröjd m<sup>3</sup> visar varierade resultat på grund av de faktorer som specifikt påverkar fördröjningen. I scenario G, GG uteblir fördröjningen, medan i GB och GBG får den stor variation. Det beror på att kostnaden för fördröjd m<sup>3</sup> i GBG slås ut på hela anläggningskostnaden medan GB:s resultat var förbestämt.

## 5. Diskussion

De rådande klimatförändringar som sker i vår samtid påverkar även hanteringen av dagvattnet i våra urbana miljöer. SMHI (2017) förespråkar att det globala klimatet kommer att öka nederbörds mängden vid regntillfällena i Sverige. För att undvika att översvämningar i städer anser Boverket (2010) att fler ytor i städer omprojekteras för att bli multifunktionella. Boverket (2010) skriver att stadens ytor behöver vara konstruerade så de fyller så många funktioner som möjligt för att minska inverkan på klimatet. Dessa mångfunktionella ytor ska vara till för att lösa problem eller behov inom samma område med människans välbefinnande och hälsa som grund. Säkrandet av mark och vattenanvändningen är en långsiktig målbild för hur dessa ytor bör konstrueras enligt Boverket (2010).

Med detta arbete ville jag undersöka hur städernas uppsamlingsgator skulle kunna bidra till en multifunktion och med hjälp av dagvattenkonstruktioner bidra till rening och fördröjning, och vad det skulle kosta att anlägga. Den översta punkten i arbetets frågeställning besvaras av den litterära inhämtningen. Litteraturstudien framhäver att konstruktioner av gråblå (GB) och grönblågrå (GBG) karaktär kan bidra med renande och fördröjande funktioner i form av filterhantering och fördröjningsmagasinerings samt biofiltrering och användandet av öppna förstärkningslager. Litteraturstudien framhäver komplexiteten av dessa konstruktioner men att de är applicerbara i ett gaturum och skulle kunna bidra till ekosystemtjänsterna rening och fördröjning. Litteraturstudiens resultat gentemot de grå (G) och gröngrå (GG) konstruktionsmetoderna ses enligt litteraturen som en utdaterad användningsform, då de under en lång tidsperiod ansågs som standard och resulterat i en negativ inverkan på va-systemen och recipienter.

För att besvara de återstående punkterna i frågeställningen gjordes en fallstudie med mål att redovisa vad fyra teoretiskt uppbyggda uppsamlingsgator med olika dagvattenkonstruktioner får för anläggningskostnad och vilken kapacitet de skulle inneha inom ekosystemtjänsterna rening och fördröjning. Fallstudiens resultat visar att det är dyrare att anlägga de gråblå GB och grönblågrå GBG konstruktioner än de andra två. GB och GBG har en stor kapacitet att både rena och fördröja dagvattnet inom gaturummet, vilket G och GG inte har. Litteraturstudiens och fallstudiens resultat överensstämmer med de argument som mina föreläsare givit vid SLU Alnarp.

Detta lämnar dock en rad frågor om varför dessa konstruktioner utöver sin prislapp inte appliceras mer i städer. Är det alltid priset som bestämmer valet av konstruktioner? Är inte ekosystemtjänsterna rening och fördröjning värda den höga kostnaden? Vad behöver göras för att det ska vara fördelaktigt för byggnadsherrar att välja de moderna konstruktionerna? Det är bara en del av en rad frågor som uppkommer av det visade resultatet arbetet.

En stor aspekt som Gröna fakta (2017) lägger fram är alla de andra fördelarna med att ha vegetation i gaturummet. Detta arbete har haft stort fokus på ekosystemtjänsterna rening och fördröjning. Men fallstudiens scenario GG, GB, GBG innehåller vegetationsytor och träd som kan bidra med fler ekosystemtjänster. Gröna fakta (2017) beskriver de tekniska skillnader som vegetation kan bidra med i städerna, de kan absorbera värmen från den reflekterande omgivningen omkring dem och sänka temperaturen, vilket reducerar effekten av urban heat islands som medför

mikroklimatsförändringar. Samtidigt som vegetationen sänker temperaturen så förhindrar vegetation även att skapa vindtunnlar inne i stads- och gatumiljö. Gröna fakta (2017) uppger hur vegetation bidrar till stor ökad luftkvalité och minskar påverkan av luftförorening i gaturummet, då föroreningarna fastnar i vegetationens bladverk som bibehåller dem. Men framför allt så bidrar det till en ökad biodiversitet som gynnar ekosystemet i många led. Boverket (2018) beskriver hur vegetation kan bidra med kulturella ekosystemtjänster som har positiva effekter på människors psykiska hälsa och välmående. Luftrening med hjälp av vegetation ger en direkt påverkan på människors välmående. Mer indirekta effekter som påverkar människors hälsa är de stressreducerande funktioner som öppna vattenströmmar och fågelsång. Närheten till grönska ökar viljan att motionera vilket leder till minskad övervikt och hjärt- och kärlsjukdomar (Boverket 2018).

Med de ovanstående positiva fördelarna som konstruktionerna (GG, GB, GBG) kan bidra med, borde då dessa vara en fördel före scenario (G) vid en projektering. Det är dock visat att (G) fortfarande används i urban miljö.

Den litterära inhämtning av de ekonomiska analyser av anläggningskostnader är bristfällig och litteraturen redogör sällan i siffror vad kostnaderna är baserade på. Detta är ett problem som Qiao, Kristoffersson, B. Randrup (2018) nämner som en stor anledning till att användningen av GBG och GB konstruktioner uteblir. Flera faktorer nämns som problematiska i artikeln t.ex. bristande ledarskap från regering och byggherrar, bristande kunskap om systemen i branschen, bristande regler och standards och bristande ekonomiska intressenter med flera.

Punkterna bristande ledarskap, regler och standards är något som Sverige kan utveckla mer. Då det är kommunens och va-huvudmannens ansvar att planera och strukturera arbetet rörande dagvattenfrågor. Arbetets grundfunktion är att huvudmannen ska säkerställa att bebyggelse inte tar skada av regn eller smältvatten (Svenskt Vatten, 2011). De lagar och regler som finns för att bygga dagvattenkonstruktioner innefattas i plan och bygglagen (PBL) (Lunds kommun, 2018), miljöbalken (MB) lagen om allmänna vattentjänster (LAV) (Svenskt Vatten, 2016), Lagen om extraordinära händelser (LEH) (Sveriges kommuner och landsting, 2007), Lagen om skydd mot olyckor (LSO) (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2019) samt att de ska följa EU:s vattendirektiv. Det är under dessa lagförhållanden en Va-huvudman ska arbeta, utöver det så är denne ensam ansvarig för alla offentliga ytor inom kommunen som berörs av dagvatten. Det ansvaret kan ses som stort att lägga på en person.

Som byggherre idag finns inte något lagfört krav att denne ska bibehålla och ta ansvar för dagvattnet inom tomten. Detta kan vara en stor anledning till att utvecklingen och användandet av konstruktioner som GB och GBG väljs bort av en va-huvudman. Att pröva nya mer komplexa lösningar som kostar mer pengar att anlägga och de kan kräva mer underhåll, när det finns välanvända konstruktionerna som G och GG är billigare och kräver mindre skötsel. Va-huvudmannen har en budget att förhålla sig till och vid allmänna upphandlingar ska lägsta anbudet antas om det uppfyller de krav som har skrivits i projekt. Det kan också ses som ett argument till varför scenario G och GG används i så bred utsträckning. En annan ekonomisk aspekt är varför enbart kommunen och Va-huvudmannen ska betala för hantering och projektering vid nybyggnationer eller renoveringar. Varför ska endast kommunen vara kostnadsbärare

när det finns fler intressenter som vinner fördelar av det, utan att betala för det?  
Intressenter som affärer, bostadsföreningar, allmänna byggnader med flera. Bör inte dessa intressenter betala för den lösning som erbjuds av kommunen samt underlättar och säkerställer intressenternas egendom?

För att utvecklingen och arbetet inom grönbågrå och gråblå hantering av dagvatten ska prioriteras högre så behöver kraven på beställare, byggherrar och kommuner sättas på en högre nivå. År 2009 togs beslutet om en ny PBL som skulle vara förenklad och även innefatta klargöranden om miljö- och grönområdesfrågor samt att det gav kommuner rätt att ställa krav på byggnationer för att undvika markföroreningar, erosion och översvämningar. Denna förenklade version trädde i kraft i maj 2011 (Göteborgs stad 2010). Om det sker fler omskrivningar av detta slag i arbetsdokument, regler och förordningar så kan nog arbetet underlättas för att använda de mer miljövänliga alternativen vid dagvatten hantering. En framtida åtgärd som skulle tydliggöra arbetet skulle kunna vara beslut på regeringsnivå och nya konkreta lagar inom dagvattenhantering.

## **6. Slutsatser**

Arbetet har visat att dagvattenkonstruktioner i staden kan bidra med ekosystemtjänster i form av rening och fördröjning och att de moderna, grönbå, konstruktionerna är dyrare. Men i relation till värdet av de tjänster som de ger samhället är det en kostnad som kan vara värd att lägga. För att en förändring ska ske måste samhället och branschen ta ett större ansvar för att vilja implementera konstruktionerna som renar och fördröjer dagvattnet för att värna om miljön och minimera riskerna för klimatförändringar.

## 7. Litteraturförteckning

- Baker, R. (2008). *Membrane technology and applications*. Padstow ,UK: Wiley, .
- Blecken, G. (2016). *Kunskapssammanställning dagvattenrening*. Bromma: Svenskt Vatten Utveckling AB.
- Boverket . (2019). *Gör grönskan till en naturlig del av staden*. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planering-av-mark-och-vatten/ekosystemtjanster/>
- Boverket. (2010). *Mångfunktionella ytor – Klimatanpassning av befintlig be- byggd miljö i städer och tätorter genom grönsstruktur*. karlskrona : Boverket .
- Fridell, K., & Jergmo, F. (2015). *Regnbäddar – biofilter för behandling av dagvatten*. Retrieved from <http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwik5puUg8PhAhVNKlAKHR9rCgYQFjAAegQIBBAC&url>
- Genc-Fuhrman, H., Mikkelsen, P., & Ledin, A. (2007). Simultaneous removal of As, Cd, Cr, Cu, Ni and Zn from stormwater: Experimental comparison of 11 different sorbents. *Water Research*, pp. 591-602.
- Gröna Fakta. (2018). Grönblå infrastruktur- hållbar dagvattenhantering i gaturum. *Gröna Fakta*, 7.
- Klimatsäkradstad. (2019). *Luftigt förstärkningslager*. Retrieved April 11, 2019, from <http://klimatsakradstad.se/dagvattenkonstruktioner/vaxtbaddtrad/luftigt-forstarkningslager/>
- Linköpings kommun. (2019). *Fakta dagvatten :sammanställning av kunskapsläge och aktuell lagstiftning*. Retrieved Augusti 13, 2019, from <https://www.linkoping.se/contentassets/555dd7e0d0ad442e83c957cbe5af0f7d/fakta-dagvatten.pdf?4ad000>
- Lunds kommun. (2018, 2 7). *Dagvattenplan för lunds kommun*. Retrieved Augusti 13, 2019, from [https://www.lund.se/globalassets/lund.se/traf\\_infra/oversiktsplan/oplasmer/\\_lunds\\_vatten\\_dagvattenplan-lunds-kommun-180207.pdf](https://www.lund.se/globalassets/lund.se/traf_infra/oversiktsplan/oplasmer/_lunds_vatten_dagvattenplan-lunds-kommun-180207.pdf)
- Lönnngren. (2001). *Vatten i dagen: exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Stockholm: Svensk Byggtjänst AB.
- Millennium Ecosystem Assessment . (2005). *Ecosystems and Human Well-being*. Washington, DC: Millennium Ecosystem Assessment .
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2019). *Lagen och förordningen om skydd mot olyckor sida vid sida*. Retrieved Augusti 14, 2019, from <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ny7sV-kpDIJ:https://rib.msb.se/filer/pdf/23273.pdf+&cd=1&hl=sv&>
- SMHI. (2018). *Klimatanpassning – att rusta för klimatförändringa*. Retrieved Augusti 13, 2019, from <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimatanpassning-att-rusta-for-klimatforandringar-1.142583?l=null>
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering - planering och exempel* (1:a upplagan ed.). Stockholm: Svenskt Vatten .
- Stocholms stad. (2016). *Dagvattenhantering Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation*. Retrieved Augusti 13, 2019, from [https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva\\_v1-1\\_fi.pdf](https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1_fi.pdf)



- SWECO. (2010). *Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms dagvatten*. Stockholm: SWECO AB.
- Svenskt Vatten . (2017). *Magasinsberäkning med hänsyn till rinntid enligt dahlström 2010 för varaktighet upp till 1 dygn*. Retrieved Juni 29, 2019 , from <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/ornat-och-klimat/klimat-och-dagvatten/berakningstips-p110/>.
- Svenskt Vatten. (2007). *M134 Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem, Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. Stockholm: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten. (2011). *P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering råd vid planering och utformning*. (1:a upplagan ed.). Stockholm: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten. (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten funktionskrav, hydragisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem* (1:a upplagan ed.). Stockholm: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten. (2019). *Miljö kvalitetsnormer för vatten*. Retrieved Juli 19, 2019, from <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/utslapp-och-recipient/miljokvalitetsnormer/>.
- Sveriges kommuner och landsting. (2004). *Vägar och gators utformning, VGU. 2004:80*. Borlänge: Sveriges kommuner och landsting. Hämtat från SKL (2004). *Vägar och gators utformning, VGU. 2004:80*. Borlänge. [Tillgänglig] [https://www.trafikverket.se/contentassets/ce846db46a5849f1a58959440da2465e/vag--och-gatuutrustning/vag\\_och\\_gatuutrustning\\_utdrag\\_publ\\_2004\\_80.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/ce846db46a5849f1a58959440da2465e/vag--och-gatuutrustning/vag_och_gatuutrustning_utdrag_publ_2004_80.pdf)
- Sveriges kommuner och landsting. (2007, maj). *Samhällskriser och katastrofer jurideisk handbok*. Retrieved Augusti 15, 2019, from <https://skl.se/download/18.105df55f1665d36a3348616b/1539691972759/SKL-Krisjuridik-webb.pdf>
- Sveriges kommuner och landsting. (2015). *Trafik för en attraktiv stad, underlag till handbok*. Retrieved Augusti 13, 2019, from <https://webbutik.skl.se/sv/artiklar/trafik-for-en-attraktiv-stad-2.html>
- Trafikverket. (2011, juni). *Trafikverket*. Retrieved Augusti 13, 2019, from [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10749/RelatedFiles/2011\\_047\\_tk\\_geo\\_11\\_2.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10749/RelatedFiles/2011_047_tk_geo_11_2.pdf)
- Wium-Andersen, T., Nielsen, A., Hvitved-Jacobs, T., Kristensen, N., Brix, H., Arias, C., & Vollertsen, J. (2012). Sorption media for stormwater treatment – A laboratory evaluation of five low-cost media for their ability to remove metals and phosphorus from artificial stormwater. *water environment research* 84, pp. 605-616.

Figur 1 Förändringen av avrinningsförloppet, baserat på naturvårdsverket 1980. Av Anders Ryttegård Sid. 18

Figur: 2 Ett snitt av scenario (G) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Anders Ryttegård Sid. 22

Figur 3 Ett snitt av scenario (GG) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Andes Ryttegård Sid. 23

Figur 4 Ett snitt av scenario (GB) som visar uppbyggnad av gaturummet. Av Anders Ryttegård Sid. 24

Figur 5. Ett snitt av scenario (GBG) som visar uppbyggnad av gaturummet.  
Av Anders Ryttegård. Sid. 24

Figur 1 Magasinsberäkningen enligt Dahlströms Excel dokument. Av Anders  
Ryttegård 2019. Sid. 39

Figur 2 Magasinsberäkningen enligt Dahlströms Excel dokument. Av Anders  
Ryttegård 2019. Sid 40

Tabell 1. kostnadsredovisning av scenarierna av: Anders Ryttegård .....	28
Tabell 2. Kostnadsjämförelse i procent, av Anders Ryttegård. ....	28

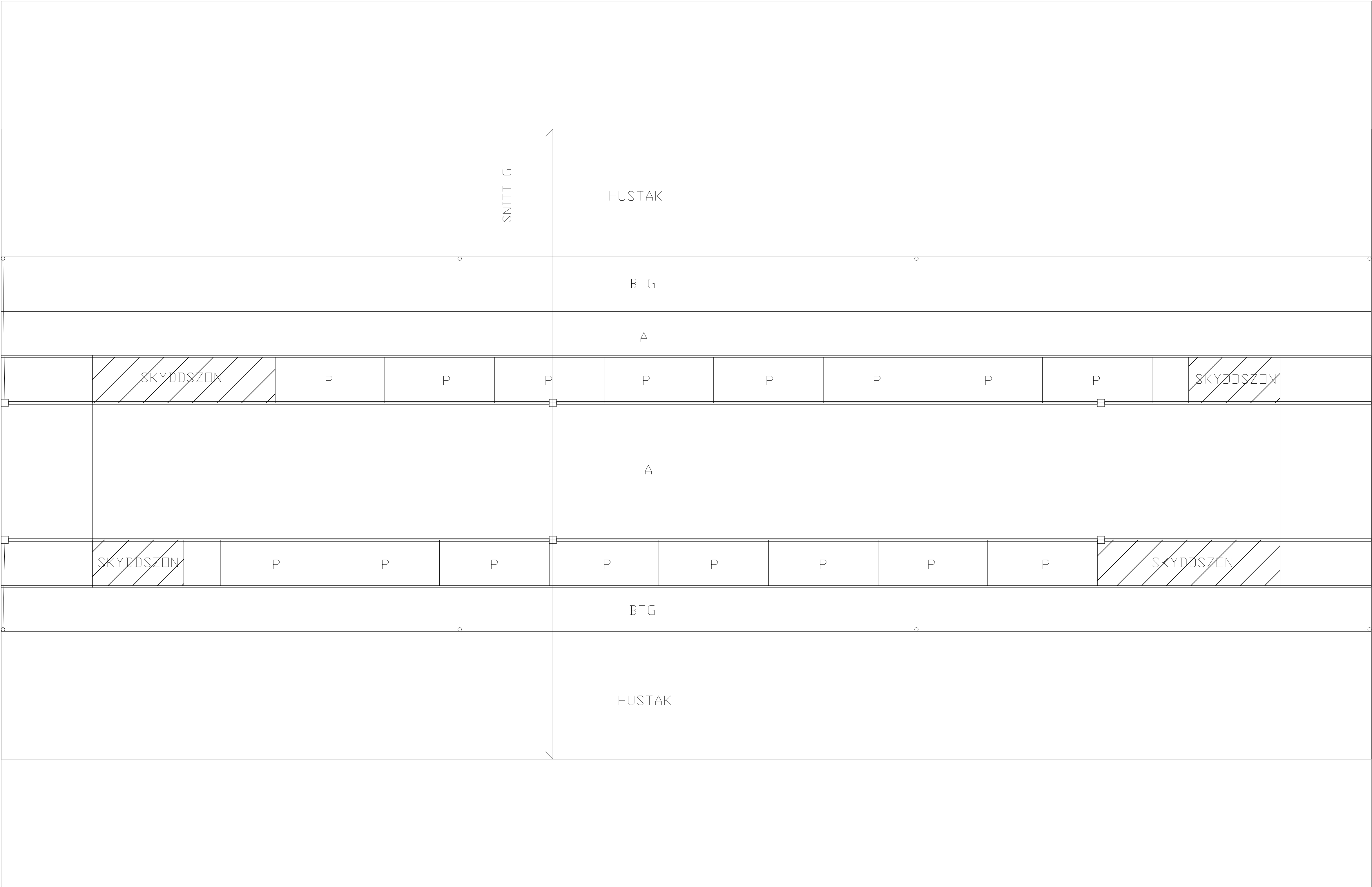
## ***Bilaga 1.***

### ***Plan och sektions ritningar.***

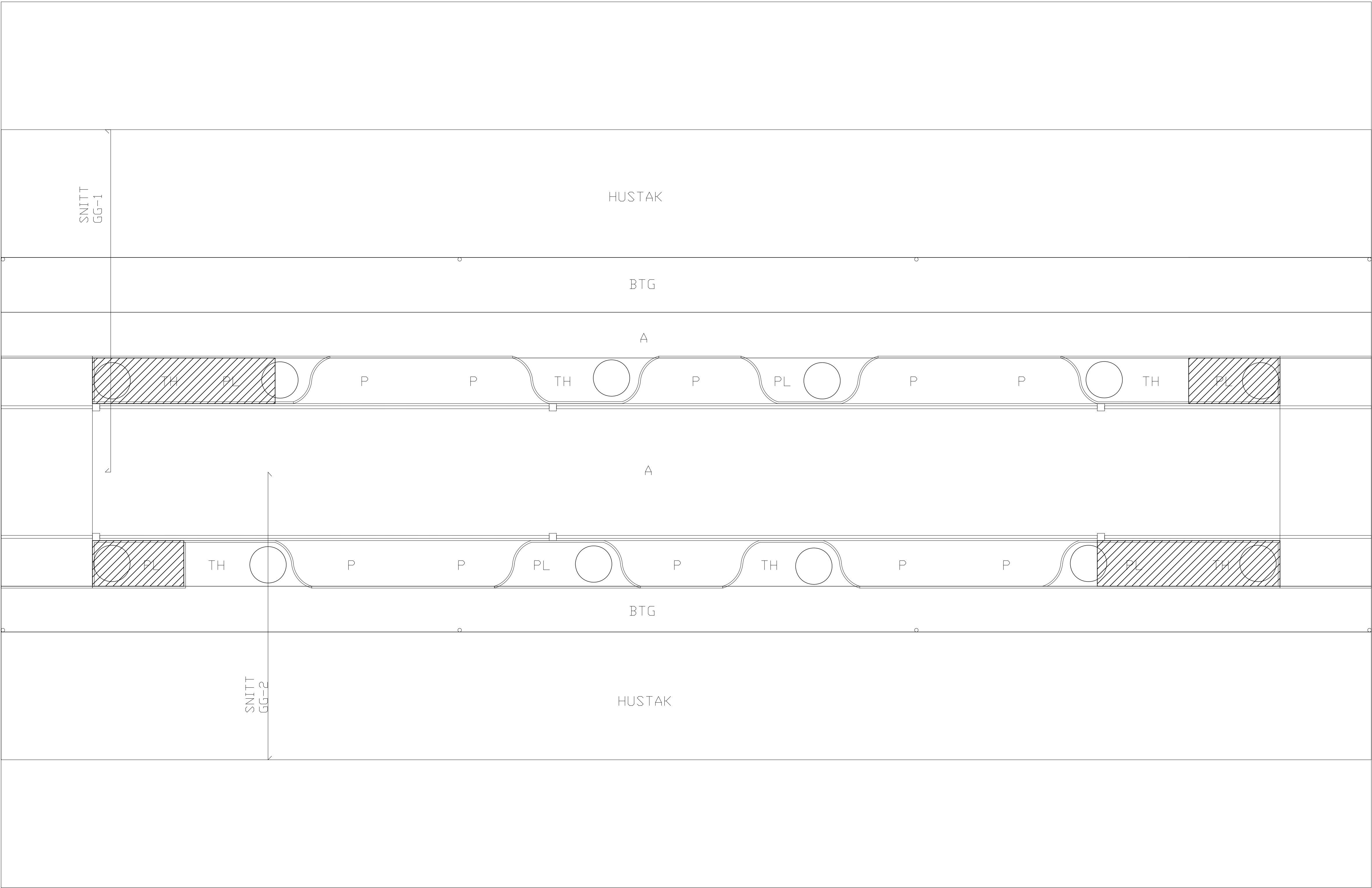
I denna bilaga redovisas fallstudiens ritningar. Det är plan- och sektionsritningar för scenarierna var och en för sig. Skalan visas på enskild ritning. Ritningarna redovisar två körfält, två flexzoner, en gång- och cykelväg och två vanliga gångvägar.

Flexzonerna fungerar som parkeringsplatser i alla scenarier, men i GG, GB, GBG utnyttjas zonen också till vegetationsyta och träd i hårdgjord yta, vilket minskar antalet parkeringsplatser. Området som benämns som skyddszon i planritning i G är den parkeringsfria zon som krävs enligt svenska trafikregler. På resterande scenarier redovisas dessa endast som ett streckat område. Teckenförklaringen redovisar de olika scenariernas utrustning samt materialtjocklek vid överbyggnaden. De ledningar och rör som visas för förarbetet och överbyggnaden är illustrativt inritade.

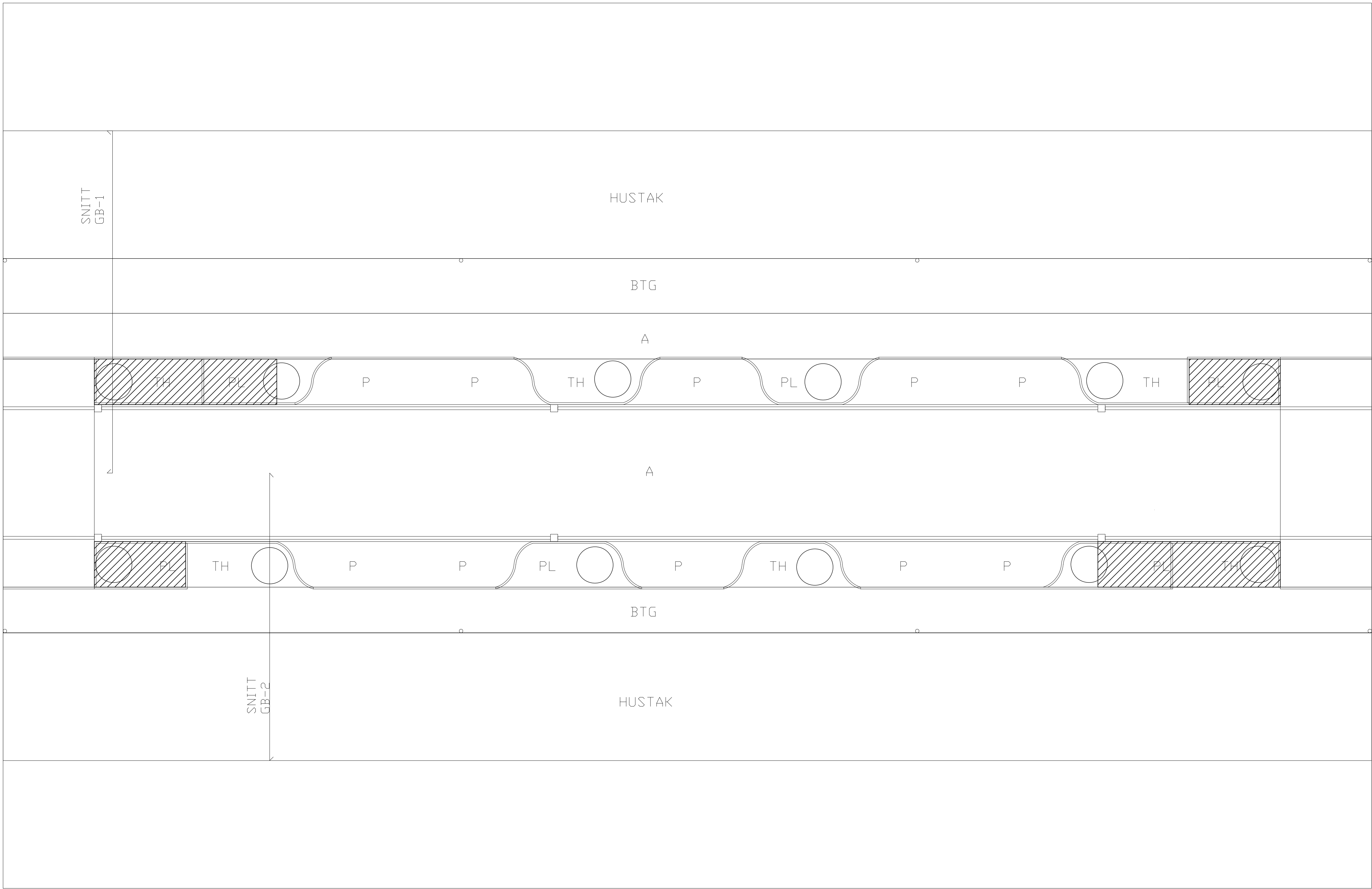
Ritningarna ligger till grund för de kostnadsuträkningar som redovisas i bilaga 2.



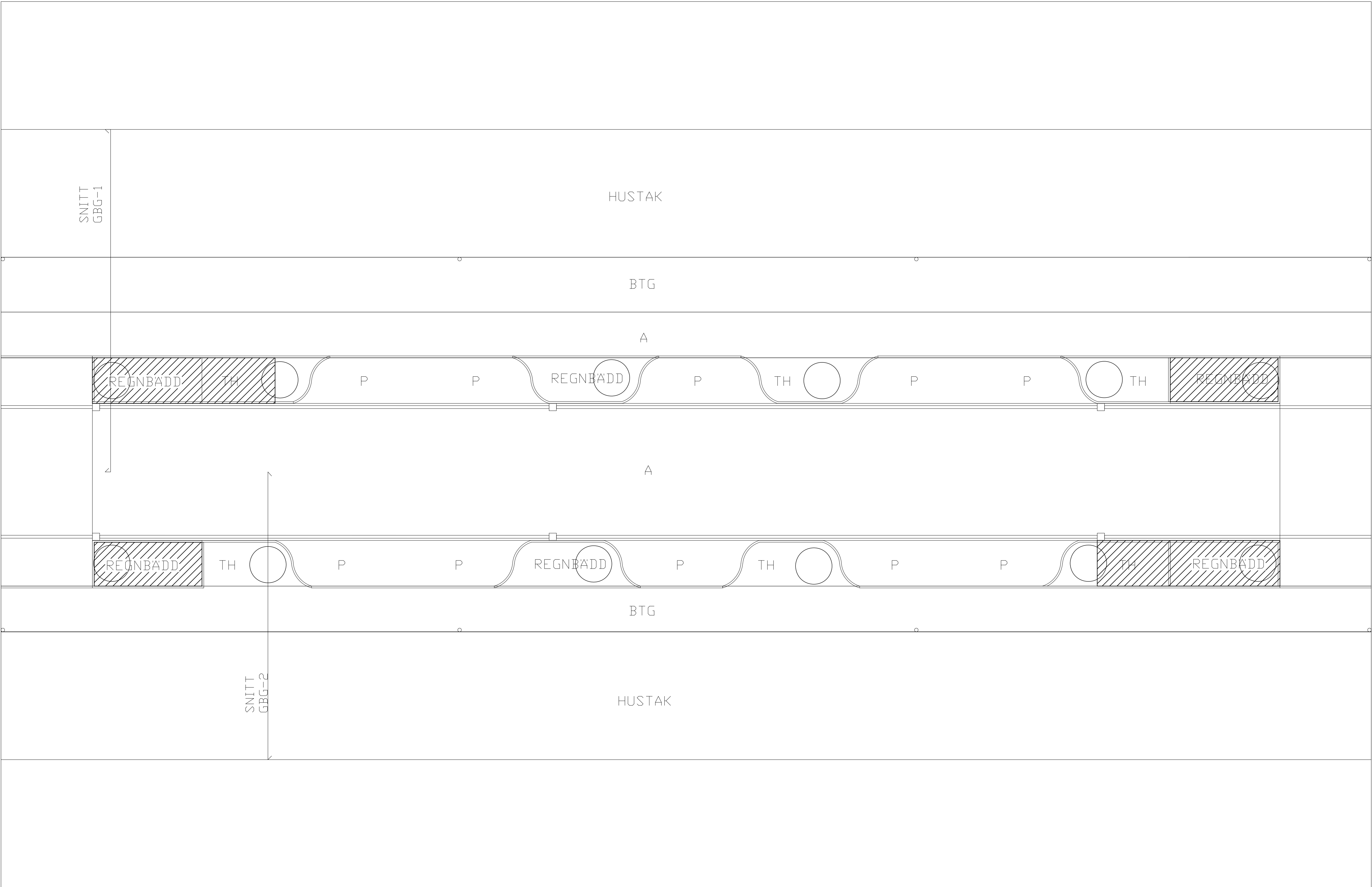
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
PLANRITNING SCENARIO G				
ORIENTERINGSTOOL				
UPPERAG NR			RITAD/KONSTR. AV	
2019-08-23			ANDERS RYTTEGÅRD	
ANSVARIG			HANDLÄGGARE	
ANDERS RYTTEGÅRD			TEORETISK GATA G	
SKALA		RITNINGNUMMER		BET
1:120		1		1



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
PLANRITNING SCENARIO GG				
ORIENTERINGSTUUR				
TEORETISK GATA GG				
SKALA		RITNINGSNUMMER		BET
1:120		1		1

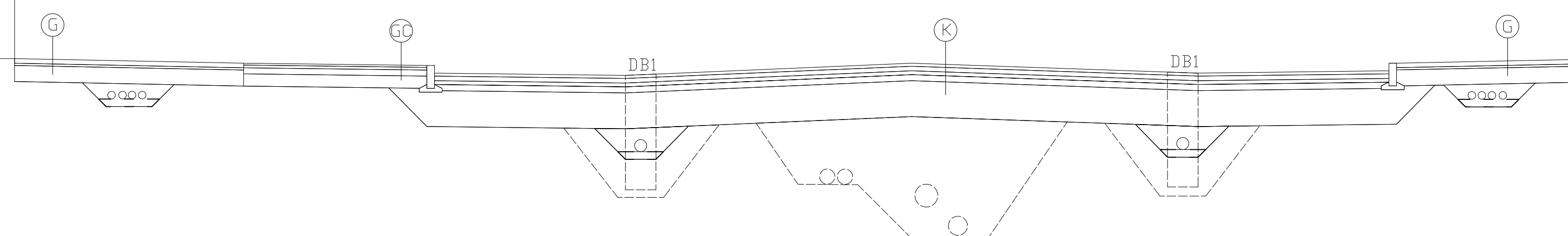


BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
PLANRITNING SCENARIO GB				
ORIENTERINGSTUUR				
TEORETISK GATA GB				
SKALA		RITNINGSNUMMER		BET
1:120		1		1



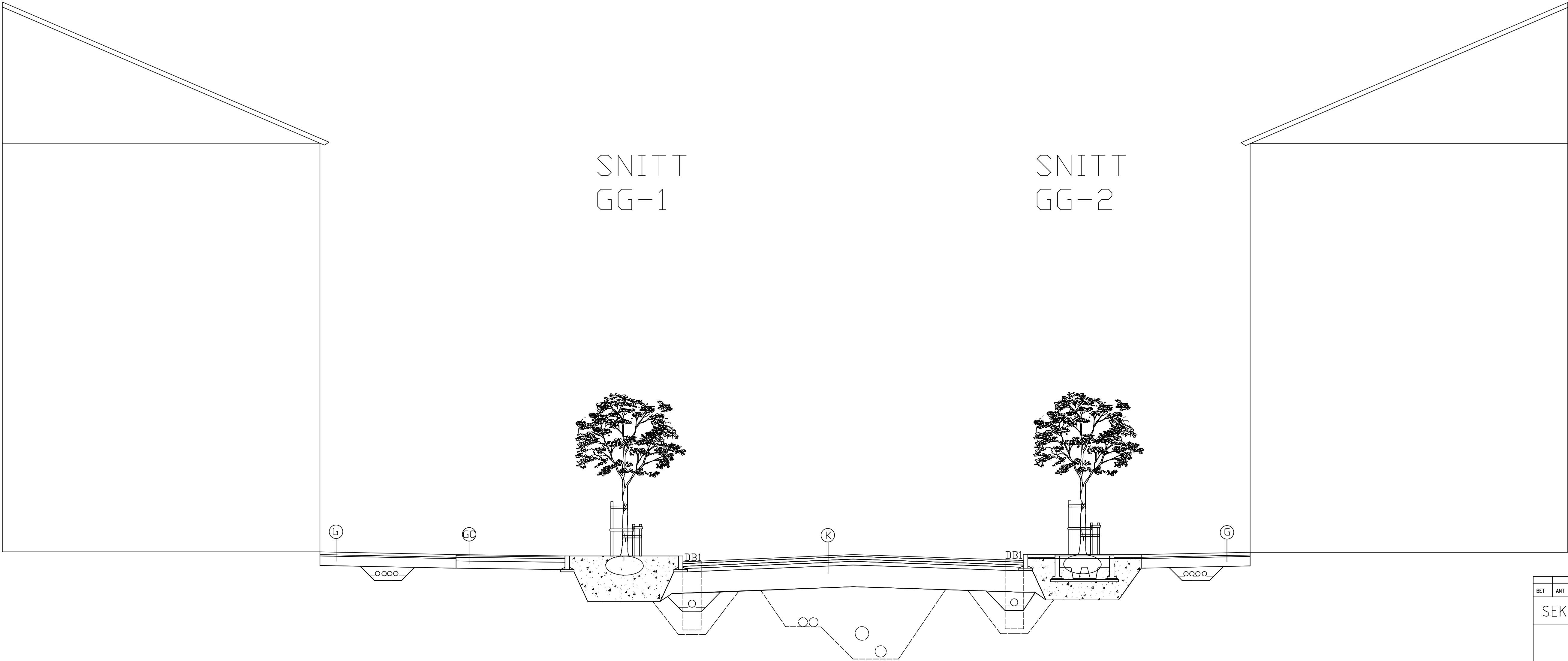
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
PLANRITNING SCENARIO GBG				
ORIENTERINGSTIGUR				
TEORETISK GATA GBG				
SKALA		RITNINGNUMMER		BET
1:120		1		1

## SNITT G

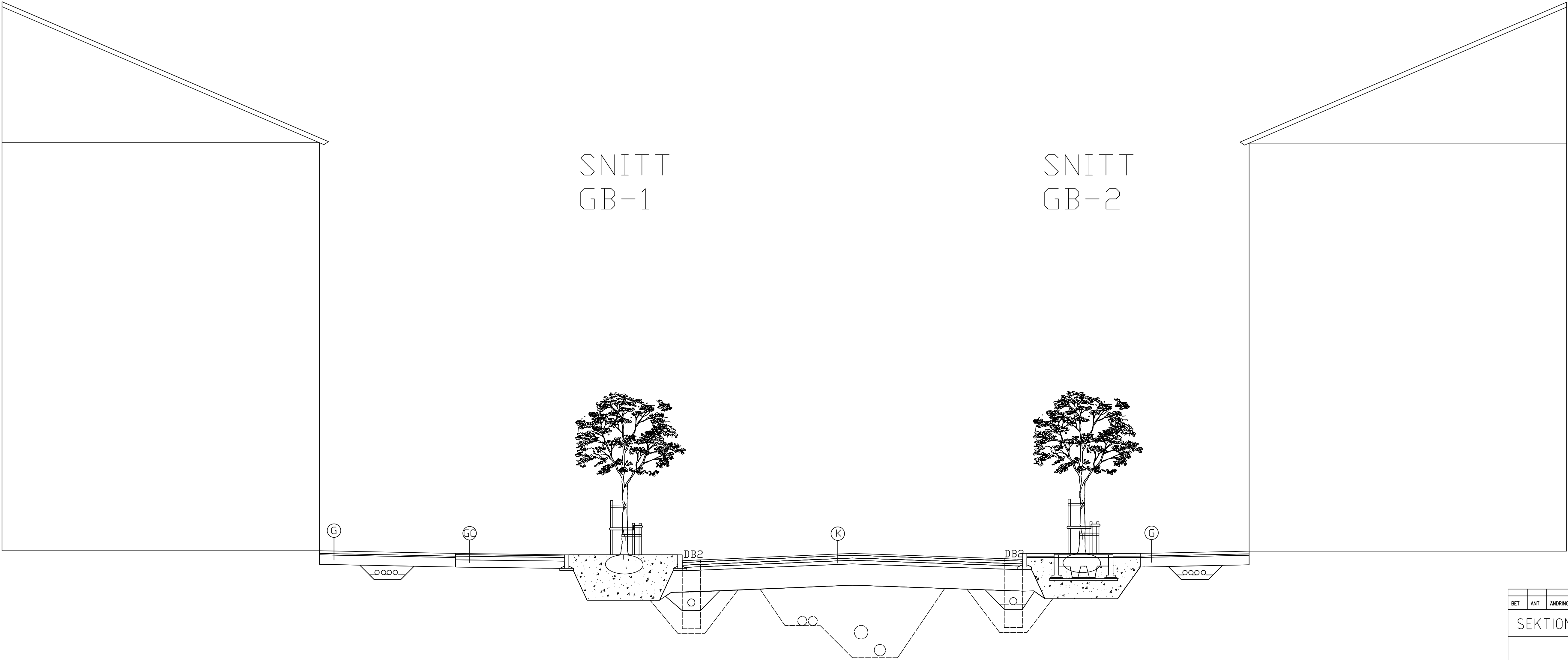


BET	ANT	ÄNDRINGEN ÄVYSER	DATUM	SIGN
SEKTIONS RITNING SCENARIO G				
<div style="text-align: right; padding-right: 50px; margin-top: 50px;">ORIENTERINGSSKIZ</div>				
RD				
	TEORETISK GATA G			
	LEDNINGARNA ÄR ILLUSTRATIVT RITADE			
SKALA	RITNINGSNUMMER		BET	
1:50	1		1	





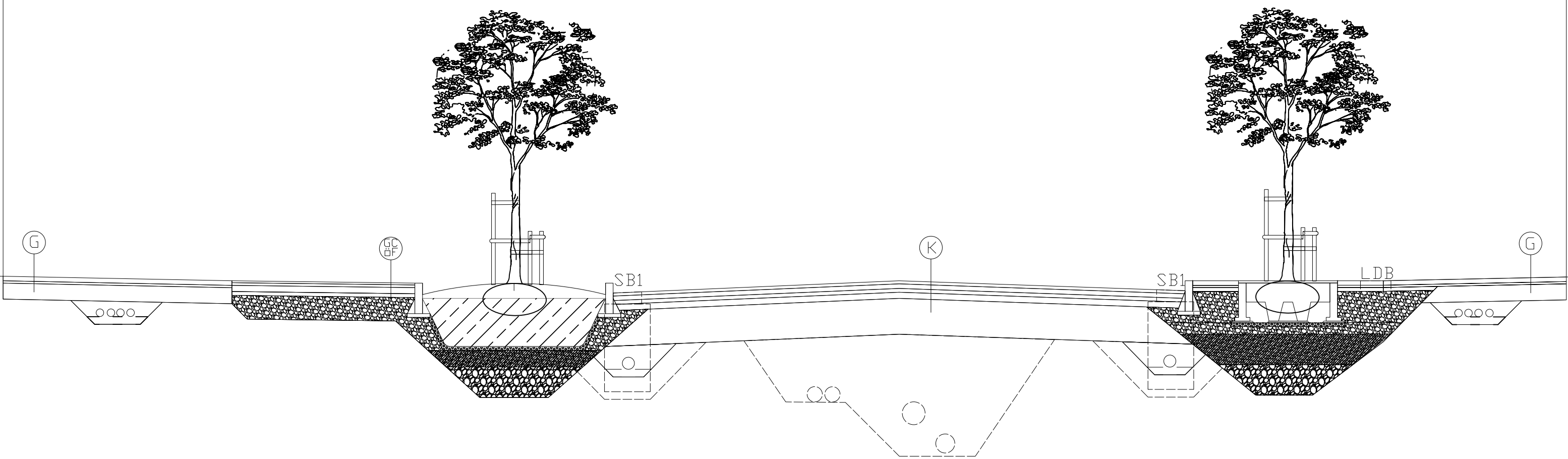
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SEKTIONSRITNING SCENARIO GG				
ORIENTERINGSTIGUR				
TEORETISK GATA GG				
LEDNINGARNA ÄR ILLUSTRATIVT RITADE				
SKALA		RITNINGSNUMMER		BET
1:50		1		1



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SEKTIONS-RITNING SCENARIO GB				
ORIENTERINGSGRUPP				
UPPDRAG NR		RITAD/KONSTR. AV		
2019-08-23		ANDERS RYTTEGÅRD		
ANSVARIG		HANDLÄGGARE		
ANDERS RYTTEGÅRD		TEORETISK GATA GB LEDNINGARNA ÄR ILLUSTRATIVT RITADE		
SKALA		RITNINGSNUMMER		BET
1:50		1		1

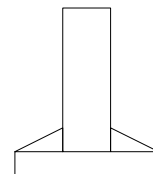
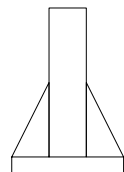
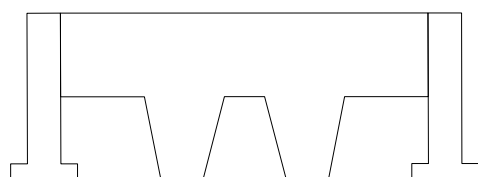
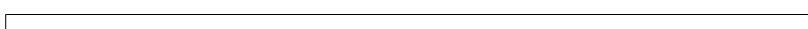
SNITT  
GBG-1

SNITT  
GBG-2



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SEKTIONS- RITNING SCENARIO GBG				
ORIENTERINGSTIGUR				
TEORETISK GATA GBG				
LEDNINGARNA ÄR ILLUSTRATIVT RITADE				
SKALA		RITNINGSNUMMER		BET
1:50		1		1

G-GÅNGBANA 300 MM			
	BELAGGNING	BETONGPLATTOR	60
	SÄTTMATERIAL	MAKADAM 2-4	30
	ÖBUNDET BÄRLAGER	SAMKROSS 0-40	210
GC- CYKELBANA 300 MM			
	SLITLAGER	ABT 8 100/150	25
	BUNDET BÄRLAGER	AG 100/150	35
	ÖBUNDET BÄRLAGER	SAMKROSS 0-40	80
	FÖRSTÄRKNINGSLAGER	SAMKROSS 0-90	160
GC-ÖF CYKELBANAN 500 MM			
	SLITLAGER	ABT 8 100/150	25
	BUNDET BÄRLAGER	AG 100/150	35
	ÖBUNDET BÄRLAGER	SAMKROSS 0-40	80
	AVJÄMNINGSLAGER	MAKADAM 8-11	50
	ÖPPETFÖRSTÄRKNINGSLAGER	MAKADAM 16-90	310
K KÖRBANA 700MM			
	SLITLAGER	ABS8 70/100	40
	BUNDET BÄRLAGER	ABb22	60
	BUNDET BÄRLAGER	AG22 70/100	50
	ÖBUNDET BÄRLAGER	SAMKROSS 0-40	80
	FÖRSTÄRLNINGSLAGER	SAMKROSS 0-90	470

FÖRKLARINGAR		
DB1	DAGVATTENBRUNN	DIAMETER 400MM
DB2	DAGVATTENBRUNN MED FILTRERING	DIAMETER 400MM
LDB	LUFTNING- DAGVATTENBRUNN	DIAMETER 400MM
SB1	DAVATTENBRUN MED STYRNINGSFUNKTION OCH PERKOLATION	DIAMETER 600MM
	KANSTÖD SATT I GRUS	
	KANSTÖD SATT I BETONG	
	TRÄDGRÖPSFUNDAMENT	KVADRATISK
	MARKGALLER	KVADRATISK

FÖRKLARINGAR MATERIAL			
	ÖPPET FÖRSTÄRKNINGSLAGER	MAKADAM 16-90	
	ÖPPET FÖRSTÄRKNINGSLAGER MED BIOKOL	MAKADAM 32-63	
	ÖPPET FÖRSTÄRKNINGSLAGER	MAKADAM 32-63	
	AVJÄMNINGSLAGER	MAKADAM 8-16	
	VÄXTSUBSTRAT	REGNBÄDD	
	GEOTEXTIL	KLASS N3	
	PARKERINGSFRI ZON		

[illegible]

## ***Bilaga 2.***

### *Anläggningskostnader.*

I denna bilaga redovisas anläggningskostnaderna till de fyra olika scenarier som finns i fallstudien. Bilagan redovisar vilka arbetsmoment som innefattas i fallstudien samt vilka kostnader de medför. Arbetsmomenten och utförandet görs i den ordning som dokumentet redovisar. De massor och ytor som beräknats kommer från de mått som finns i (Bilaga 1). Summeringen av de olika scenarierna sammanställs sist i dokumentet, för att besvara den andra frågan i arbetets frågeställning.

**Scenario G**  
**VOLYMBERÄKNING**

**YTOR**

**ENHETER**

**MÄNGD**

ASFALT KÖRBANA

M<sup>2</sup>

937,5

ASFALT G/C VÄG

M<sup>2</sup>

187,5

BTG G VÄG

M2

412,5

KANTSTEN

LPM

130

TAK YTA

M<sup>2</sup>

1050

TOT AREA

M<sup>2</sup>

2587,5

**MATERIAL**

**ENHETER**

**VOLYM M<sup>3</sup>**

**A´PRIS KR**

**TOT PRIS**

CBB.112	Jordschakt kategori B för väg, plan o d .Jordschakt för gata, gång- och cykelväg, angöring, planteringsytor och etableringsyta enligt normalsektioner	JORDSCHAKT KÖRBANA 700 MM		M <sup>2</sup>	937,5	656,25	115	75469
CBB.112		JORDSCHAKT G/C-VÄG 300 MM		M <sup>2</sup>	187,5	56,25	115	6469
CBB.112		JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM		M <sup>2</sup>	412,5	123,75	115	14231
CBB.3111	Jordschakt för va-ledning	JORDSCHAKT PP-RÖR STUPRÖR		M <sup>2</sup>	85	28,33	339	9605
CBB.3112	Jordschakt för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERING		M <sup>2</sup>				
CBB.32	Jordschakt for el- och telekabel o d	JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM		M <sup>2</sup>	0,331	49,65	250	12413
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	JORDSCHAKT DAGVATTENBRUNN	DIAMETER 400MM	M <sup>2</sup>	0,27	35,1	220	7722
CEC.2112	Ledningsbädd för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERINGSKROSS	MAKADAM 16-32	M <sup>2</sup>				
CEC.22	Ledningsbadd for el-och telekabel. o d	SAMKROSS	SAMKROSS 0-8	M <sup>2</sup>	90		130	11700
DBB.31224	Materialskiljande lager av geotextil kring dränerande fyllning för dränledning	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	120		110	13200
DBB.3131	Materialskiljande lager av geotextn under överbyggnad for väg,	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	364		13	4732
DCB.312	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor	OBUNDET BÄLAGER KÖRBANA 80 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	1605		8	12840
				M <sup>2</sup>	937,5	75	53	49688

DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 80 MM	SAMKROSS 0- 40	M <sup>2</sup>	187,5	15	53	9938
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G VÄG 210 MM	SAMKROSS 0- 40	M <sup>2</sup>	412,5	86,625	53	21863
DCB.212	Förstärkningslager kategori B till överbyggnad med flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m	FÖRSTÄRKNINGSLAGER 470 MM	SAMKROSS 0- 90	M <sup>2</sup>	937,5	440,625	355	332813
DCB.212		FÖRSTÄRKNINGSLAGER 160 MM	SAMKROSS 0- 90	M <sup>2</sup>	187,5	30	355	66563
DCC.21111	Bärlager kategori B av asfaltgrus vid nybyggnad	BUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 50 MM	AG22 70/100	M <sup>2</sup>	937,5		132	123750
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 60MM	Abb 22	M <sup>2</sup>	937,5		121	113438
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 35 MM	AG 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		109	20438
DCC.24111	Slitlager kategori B av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT KÖRBANA 40 MM	ABS8 70/100	M <sup>2</sup>	937,5		173	162188
DCC.34111	Slitlager kategori C av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT G/C VÄG 25 MM	ABT 8 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		173	32438
DCG.21	Beläggning av betongmarkplattor	MARKSTENSPLATTOR INK SÄTTSAND.	SIENA 350X350X60	M <sup>2</sup>	412,5		530	218625
DCE.14	Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong	KANTSTEN 300MM VÄGMARKERINGS MASSA		LPM	130		725	94250
DEE.111	Extruderad markeringsmassa pa trafikyta	ÖVERGÅNGSTÄLL.	0.5 M BRED	LPM	63		93	5859
DEN.11	Kabelskydd av plastprofiler	SÖKBAND EL OCH TELE		LMP	150		7	1050
PBB.5216	Ledning av PP-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör, i	DIAMETER						
PBB.5216	ledningsgrav	TÄTA PP-RÖR STUPRÖR	110 MM	LMP	85		55	4675
PBB.531	Ledning av plaströr, standardiserade dränrör, i	DIAMETER						
PBB.531	ledningsgrav	DRÄNERINGSRÖR	160 MM	LMP	150		144	21600
PCB.32	Anslutning med anborrning, grenrör e d av	PÄKOPPLING TILL	DIAMETER					
PCB.32	dränledning	BRUNNAR	110 MM	ST	8		350	2800
PCB.32		PÄKOPPLING TILL	DIAMETER					
PCB.32		BRUNNAR	160 MM	ST	10		473	4730

PDB.521	Dagvattenbrunn av plast med vattenlås och sandfång	RENSBRUNNAR 400 MM	ST	6	4012	24072
				<b>TOTAL PRIS</b>	<b>1482634</b>	



SCENARIO GG		YTOR	ENHETER	MÄNGD				
VOLYMBERÄKNING								
		ASFALT KÖRBANA	M²				770	
		ASFALT G/C VÄG	M²				187,5	
		BTG G VÄG	M²				490	
		KANTSTEN	LPM				201	
		TAK YTA	M²				1050	
		VEGETATIONSYTA	M²				90	
		TOT AREA	M²				2587,5	
		MATERIAL	ENHETER		VOLYM M³	A´PRIS KR	TOT PRIS	
CBB.112	Jordschakt kategori B för väg, plan o d .Jordschakt för gata, gång- och cykelväg, angöring, planteringsytor och etableringsyta enligt normalsektioner	JORDSCHAKT KÖRBANA 700 MM	M²		770	539	115	61985
CBB.112		JORDSCHAKT G/C-VÄG 300 MM	M²		187,5	56,25	115	6469
CBB.112		JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM	M²		490	147	115	16905
CBB.112		JORDSCHAKT VEGETATIONSYTA	M²					
		JORDSCHAKT PP-RÖR	TVÄRSNITT		2,5	172,5	290	50025
CBB.3111	Jordschakt för va-ledning	STUPRÖR	M²		85	28,33	339	9605
			M²					
CBB.3112	Jordschakt för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERING	TVÄRSNITT		0,331	49,65	250	12413
		JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM	M²					
CBB.32	Jordschakt for el- och telekabel o d		TVÄRSNITT		0,27	35,1	220	7722
		JORDSCHAKT	DIAMETER					
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	DAGVATTENBRUNN	400MM	M²				
			MAKADAM	TVÄRSNITT	0,8	12	290	3480
CEC.2112	Ledningsbädd för dränledning	DRÄNERINGSKROSS	16-32	M²				
			SAMKROSS		90		130	11700
CEC.22	Ledningsbadd for el-och telekabel. o d	SAMKROSS	0-8	M²				
					120		110	13200

DBB.31224	Materialskiljande lager av geotextil kring dränerande fyllning för dränledning	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	364		13	4732
DBB.3131	Materialskiljande lager av geotextn under överbyggnad for väg,	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	727,5		11	8003
DBB.3133	Materialskiljande lager av geotextil under överbyggnad för vegetationsyta	GEOTEXTIL EJ VÄVD	KLASS N3	M <sup>2</sup>	750		12	9000
DCB.312	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER	SAMKROSS					
		KÖRBANA 80 MM	0-40	M <sup>2</sup>	770	61,6	53	40810
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G/C	SAMKROSS					
		VÄG 80 MM	0-40	M <sup>2</sup>	187,5	15	53	9938
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G	SAMKROSS					
		VÄG 210 MM	0-40	M <sup>2</sup>	490	86,625	53	25970
DCB.212	Förstärkningslager kategori B till överbyggnad med flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m	FÖRSTÄRKNINGSLAGER	SAMKROSS					
		470 MM	0-90	M <sup>2</sup>	770	361,9	355	273350
DCB.212		FÖRSTÄRKNINGSLAGER	SAMKROSS					
		160 MM	0-90	M <sup>2</sup>	187,5	30	355	66563
DCC.21111	Bärlager kategori B av asfaltgrus vid nybyggnad	BUNDET BÄRLAGER	AG22					
		KÖRBANA 50 MM	70/100	M <sup>2</sup>	770		132	101640
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER						
		KÖRBANA 60MM	Abb 22	M <sup>2</sup>	770		121	93170
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER G/C						
		VÄG 35 MM	AG 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		109	20438
DCC.24111	Slitlager kategori B av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT						
		KÖRBANA 40 MM	ABS8 70/100	M <sup>2</sup>	770		173	133210
DCC.34111	Slitlager kategori C av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT G/C	ABT 8					
		VÄG 25 MM	100/150	M <sup>2</sup>	187,5		173	32438
DCG.21	Beläggning av betongmarkplattor	MARKSTENSPLATTOR INK	SIENA					
	Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong	SÄTTSAND.	350X350X60	M <sup>2</sup>	490		530	259700
DCE.14		KANTSTEN 300MM		LPM	201		725	145725
DCL.121	Växtbädd typ 2	VÄXTJORD TYP 2, 1000 MM	A JORD	M <sup>2</sup>				
		PLANTERINGS CC		TVÄRSNITT	2,5	172,5	310	53475
DDB.21	Plantering av buskar m m	AVSTÅND 35		M <sup>2</sup>	640		42	26880
DDB.22	Plantering av träd	PLANTERINGS KOSTNAD		M <sup>2</sup>	12		871	10452

		STAM-OCH	TRÄ STOLPE				
DDC.11	Stöd för stamträd	UPPBINDNINGSSKYDD	45 MM	ST	12	185	2220
DDC.211	Trädfundament	BETONGFUNDAMENT	1400X1400	ST	6	3900	23400
DDC.212	Markgaller	STÅLGALLER	1400X1400	ST	6	17500	105000
		VÄGMARKERINGS MASSA					
DEE.111	Extruderad markeringsmassa pa trafikyta	ÖVERGÅNGSTÄLL.	0.5 M BRED	LPM	63	93	5859
DEN.11	Kabelskydd av plastprofiler	SÖKBAND EL OCH TELE		LMP	150	7	1050
PBB.5216	Ledning av PP-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör, i ledningsgrav	TÄTA PP-RÖR STUPRÖR	DIAMETER 110 MM	LMP	85	55	4675
PBB.531	Ledning av plaströr, standardiserade dränrör, i ledningsgrav	DRÄNERINGSRÖR	DIAMETER 160 MM	LMP	150	144	21600
PCB.32	Anslutning med anborrning, grenrör e d av dränledning	PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	DIAMETER 110 MM	ST	8	350	2800
PCB.32		PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	DIAMETER 160 MM	ST	10	473	4730
PDB.521	Dagvattenbrunn av plast med vattenlås och sandfång	DAGVATTENBRUNN	DIAMETER 400 MM	ST	6	4012	24072
		VÄXTMATERIAL FÖR PL					
	Växtmaterial	OCH TH		KR		100000	100000
					TOT PRIS	1804401	

Scenario GB		YTOR	ENHETER	MÄNGD			
VOLYMBERÄKNING		ASFALT KÖRBANA	M <sup>2</sup>	770			
		ASFALT G/C VÄG	M <sup>2</sup>	187,5			
		BTG G VÄG	M <sup>2</sup>	490			
		KANTSTEN	LPM	201			
		TAK YTA	M <sup>2</sup>	1050			
		VEGETATIONSYTA	M <sup>2</sup>	90			
		TOT AREA	M <sup>2</sup>	2587,5			
		MATERIAL	ENHETER	VOLYM M <sup>3</sup>	A´PRIS KR	TOT PRIS	
CBB.112	Jordschakt kategori B för väg, plan o d .Jordschakt för gata, gång- och cykelväg, angöring, planteringsytor och etableringsyta enligt normalsektioner	JORDSCHAKT KÖRBANA 700 MM	M <sup>2</sup>	770	539	115	61985
CBB.112		JORDSCHAKT G/C-VÄG 300 MM	M <sup>2</sup>	187,5	56,25	115	6469
CBB.112		JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM	M <sup>2</sup>	490	147	115	16905
CBB.112		JORDSCHAKT VEGETATIONSYTA	M <sup>2</sup>				
		JORDSCHAKT PP-RÖR	TVÄRSNITT	2,5	172,5	290	50025
CBB.3111	Jordschakt för va-ledning	STUPRÖR	M <sup>2</sup>	85	28,33	339	9605
CBB.3112	Jordschakt för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERING	M <sup>2</sup>				
		JORDSCHAKT G-VÄG 300 MM	TVÄRSNITT	0,331	49,65	250	12413
CBB.32	Jordschakt for el- och telekabel o d	MM	M <sup>2</sup>	0,27	35,1	220	7722
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	JORDSCHAKT DAGVATTENBRUNN	DIAMETER M <sup>2</sup>				
		400MM	TVÄRSNITT	0,8	12	290	3480
CEC.2112	Ledningsbädd för dränledning	MAKADAM 16-32	M <sup>2</sup>	90		130	11700
CEC.22	Ledningsbadd for el-och telekabel. o d	SAMKROSS	SAMKROSS 0-8 M <sup>2</sup>	120		110	13200

DBB.31224	Materialskiljande lager av geotextil kring dränerande fyllning för dränledning	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	364		13	4732
DBB.3131	Materialskiljande lager av geotextn under överbyggnad for väg,	GEOTEXTIL	KLASS N3	M <sup>2</sup>	727,5		11	8003
DBB.3133	Materialskiljande lager av geotextil under överbyggnad för vegetationsyta	GEOTEXTIL EJ VÄVD	KLASS N3	M <sup>2</sup>	750		12	9000
DCB.312	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 80 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	770	61,6	53	40810
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 80 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	187,5	15	53	9938
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G VÄG 210 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	490	86,625	53	25970
DCB.212	flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m	FÖRSTÄRKNINGSLAGER 470 MM	SAMKROSS 0-90	M <sup>2</sup>	770	361,9	355	273350
DCB.212		FÖRSTÄRKNINGSLAGER 160 MM	SAMKROSS 0-90	M <sup>2</sup>	187,5	30	355	66563
DCC.21111	Bärlager kategori B av asfaltgrus vid nybyggnad	BUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 50 MM	AG22 70/100	M <sup>2</sup>	770		132	101640
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 60MM	Abb 22	M <sup>2</sup>	770		121	93170
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 35 MM	AG 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		109	20438
DCC.24111	Slitlager kategori B av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT KÖRBANA 40 MM	ABS8 70/100	M <sup>2</sup>	770		173	133210
DCC.34111	Slitlager kategori C av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT G/C VÄG 25 MM	ABT 8 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		173	32438
DCG.21	Beläggning av betongmarkplattor	MARKSTENSPLATTOR INK SÄTTSAND.	SIENA 350X350X60	M <sup>2</sup>	490		530	259700
DCE.14	Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong	KANTSTEN 300MM		LPM	201		725	145725
DCL.121	Växtbädd typ 2	VÄXTJORD TYP 2, 1000 MM	A JORD	M <sup>2</sup> TVÄRSNITT	2,5	172,5	310	53475
DDB.21	Plantering av buskar m m	PLANTERINGS CC AVSTÅND 35		M <sup>2</sup>	640		42	26880

[illegible]

**SCENARIO GBG**  
**VOLYMBERÄKNING**

YTOR	ENHETER	MÄNGD
ASFALT KÖRBANA	M <sup>2</sup>	770
ASFALT G/C VÄG	M <sup>2</sup>	187,5
BTG G VÄG	M <sup>2</sup>	490
KANTSTEN	LPM	201
TAK YTA	M <sup>2</sup>	1050
TOT AREA	M <sup>2</sup>	2497,5

**ETAPP 1**

Jordschakt kategori B för väg, plan o d  
.Jordschakt för gata, gång- och cykelväg,  
angöring, planteringsytor och etableringsyta  
enligt normalsektioner

CBB.112	enligt normalsektioner	700 MM		M²	770	539	115	61985
CBB.112		JORDSCHAKT C-VÄG 500		M²	187,5	93,75	115	10781
CBB.112		MM		M²	490	147	115	16905
CBB.112		JORDSCHAKT		M²				
CBB.112		VEGETATIONSYTA		TVÄRSNITT	3,57	246,33	290	71436
CBB.112		JORDSCHAKT PP-RÖR						
CBB.3111	Jordschakt för va-ledning	STUPRÖR		M²	85	28,33	339	9605
CBB.3112	Jordschakt för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERING		M²				
CBB.3112	Jordschakt för dränledning	JORDSCHAKT DRÄNERING		TVÄRSNITT	0,331	49,65	250	12413
DBB.31224	Materialskiljande lager av geotextil kring dränerande fyllning för dränledning	GEOTEXTIL	KLASS N3	M²	364		13	4732
DBB.3131	Materialskiljande lager av geotextn under överbyggnad for väg,	GEOTEXTIL	KLASS N3	M²	727,5		11	8003
DBB.3133	Materialskiljande lager av geotextil under överbyggnad för vegetationsyta	GEOTEXTIL EJ VÄVD	KLASS N3	M²	750		12	9000
CBB.32	Jordschakt for el- och telekabel o d	JORDSCHAKT G-VÄG 300		M²				
CBB.32	Jordschakt for el- och telekabel o d	MM		TVÄRSNITT	0,27	35,1	220	7722
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	JORDSCHAKT	DIAMETER	M²				
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	DAGVATTENBRUNN	600MM	TVÄRSNITT	0,8	12	290	3480
CBB.74	Jordschakt i rör, trumma, brunn o d	DAGVATTENBRUNN	MAKADAM 16-					
CEC.2	Fyllning för ledningsbädd, Brunn. o d	SAMKROSS	32	M²	12		130	1560

CEC.2112	Ledningsbädd för dränledning	DRÄNERINGSKROSS	MAKADAM 16-32	M <sup>2</sup>	90		130	11700
CEC.22	Ledningsbadd for el-och telekabel. o d	SAMKROSS	SAMKROSS 0-8	M <sup>2</sup>	120		110	13200
DCB.312	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 80 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	770	61,6	53	40810
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 80 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	187,5	15	53	9938
DCB.313	Obundet bärlager kategori C till belagda ytor	OBUNDET BÄRLAGER G VÄG 210 MM	SAMKROSS 0-40	M <sup>2</sup>	490	86,625	53	25970
DCB.212	Förstärkningslager kategori B till överbyggnad med flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m	FÖRSTÄRKNINGSLAGER 470 MM	SAMKROSS 0-90	M <sup>2</sup>	770	361,9	355	273350
DCB.212		ÖPPET FÖRSTÄRKNINGSLAGER	MAKADAM 16-90	M <sup>2</sup>	3,57	246,33	503	123904
DCB.212		AVJÄMNINGSLAGER BUNDET BÄRLAGER	MAKADAM 8-16	TVÄRSNITT	0,26	17,94	495	8880
DCC.21111	Bärlager kategori B av asfaltgrus vid nybyggnad	KÖRBANA 50 MM	AG22 70/100	M <sup>2</sup>	860		132	113520
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER KÖRBANA 60MM	Abb 22	M <sup>2</sup>	860		121	104060
DCC.21111		BUNDET BÄRLAGER G/C VÄG 35 MM	AG 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		109	20438
DCC.24111	Slitlager kategori B av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT KÖRBANA 40 MM	ABS8 70/100	M <sup>2</sup>	770		173	133210
DCC.34111	Slitlager kategori C av tat asfaltbetong vid nybyggnad	SLITLAGER ASFALT G/C VÄG 25 MM	ABT 8 100/150	M <sup>2</sup>	187,5		173	32438
DCG.21	Beläggning av betongmarkplattor	MARKSTENSPLATTOR INK SÄTTSAND.	SIENA 350X350X60	M <sup>2</sup>	490		530	259700
DCE.14	Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong	KANTSTEN 400MM		LPM	89		745	66305
DEN.11	Kabelskydd av plastprofiler	SÖKBAND EL OCH TELE		LMP	150		7	1050
PBB.5216	Ledning av PP-rör, fabrikspecifika markavloppsrör, i ledningsgrav	TÄTA PP-RÖR STUPRÖR	DIAMETER 110 MM	LMP	105		55	5775



PBB.531	Ledning av plaströr, standardiserade dränrör, i ledningsgrav	DRÄNERINGSRÖR	DIAMETER 160					
	Anslutning med anborrning, grenrör e d av dränledning	PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	MM	LMP	150		144	21600
PCB.32		PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	DIAMETER 110					
		PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	MM	ST	20		350	7000
PCB.32		PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	DIAMETER 160					
		PÅKOPPLING TILL BRUNNAR	MM	ST	16		473	7568
PDB.521	Dagvattenbrunn av plast med vattenlås och sandfång	DAGVATTENBRUNN	DIAMETER 400					
		STYRNING	MM	ST	6		5553	33318
PDY.6	Luftbrunnar	LUFTBRUNN	DIAMETER 300	ST	6		4012	24072

## ETAPP 2

BED.12141	Rivning av bitumenbundna lager, hela lagertjockleken	ASFALTS RIVNING						
		VEGETATIONSYTA		M <sup>2</sup>	90		72	6480
CBB.112	Jordschakt kategori B för väg, plan o d .Jordschakt för gata, gång- och cykelväg, angöring, planteringsytor och etableringsyta enligt normalsektioner	JORDSCHAKT		M <sup>2</sup>				
		VEGETATIONSYTA		TVÄRSNITT	3,57	246,33	290	71435,7
CEF.112	Dranerande lager av grus eller krossmaterial for vegetationsyta	MAKADAM 8-16 BOKOL		M <sup>2</sup>				
		MAKADAM 8-16 BOKOL		TVÄRSNITT	0,21	14,49	975	14127,75
DCB.219	Luftiga förstärkningslager	MAKADAM 16-90		M <sup>2</sup>				
		MAKADAM 16-90		TVÄRSNITT	2,08	143,52	503	72190,56
DCB.219		MAKADAM 32-63		M <sup>2</sup>				
		MAKADAM 32-63		TVÄRSNITT	1,03	71,07	535	38022,45
DCB.219		MAKADAM 32-63 BOKOL		M <sup>2</sup>				
		MAKADAM 32-63 BOKOL		TVÄRSNITT	1,35	93,15	1279	119138,85
DCE.14	Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong	KANTSTEN 400MM		LPM	112		745	83440
DCL.143	Växtbädd för perkolation och infiltrationsmagasin	VÄXTSUBSTRA REGNBÄDD		M <sup>2</sup>	90	112,5	525	59063
		PLANTERINGS CC						
DDB.21	Plantering av buskar m m	AVSTÅND 35		M <sup>2</sup>	640		42	26880
DDB.22	Plantering av träd	PLANTERINGS KOSTNAD		ST	12		871	10452

		STAM-OCH	TRÄ STOLPE 45				
DDC.11	Stöd för stamträd	UPPBINDNINGSSKYDD	MM	ST	12	185	2220
DDC.211	Trädfundament	BETONGFUNDAMENT	1400X1400	ST	6	3900	23400
DDC.212	Markgaller	STÅLGALLER	1400X1400	ST	6	17500	105000
		VÄGMARKERINGS MASSA					
DEE.111	Extruderad markeringsmassa pa trafikyta	ÖVERGÅNGSTÄLL.	0.5 M BRED	LPM	63	93	5859
	Växtmaterial	VÄXTMATERIAL FÖR RB					
		OCH TH		KR		100000	100000
						<b>TOTAL PRIS</b>	<b>2293135</b>

Scenario	Yta	LMP	Total kostnad kr	Kostnad LMP kr	Kostnad per M <sup>2</sup>	Nederbörd M <sup>3</sup>	Kostnad per omhändertagen M <sup>3</sup> dagvatten
<b>G</b>	2587,5	75	1482634	19768	573,00	51,60	28733
<b>GG</b>	2587,5	75	1804401	24059	697,35	51,60	34969
<b>GB</b>	2587,5	75	2462429	32832	951,66	51,60	47721
<b>GBG</b>	2497,5	75	2293135	30575	918,17	51,60	44441

### **Bilaga 3.**

#### *Beräkning av regnmängd och erforderlig magasinsvolym.*

I denna bilaga redogörs hur beräkningen av den mängd dagvatten som innefattas i fallstudiescenarierna. Den teoretiska regnmängd som fallstudien utgår ifrån är ett 30 års regn med en rinntid på 10. Valet av regnstorleken baseras på att fallstudien geografiska plats som ska återspegla en tät stadskärna, vilket ska kunna upprätthålla en omhändertagning av dagvatten av denna mängd. Vanligtvis beräknas regnen med en avrinning i liter per sekund på ett hektar. Eftersom fallstudiens yta inte är ett hektar utan istället är 0,25875 av ett hektar så används denna faktor vid framräkningen av regnmängden. Utöver det tillkommer avrinningskoefficienten som visar vilken absorbering beläggningarna har och hur de motverkar avrinningen på det förutsatta regnet. När det kommer till magasinsberäkningen så används regnevelopmentsmetoden. För att använda den behövs en avtappnings hastighet på magasinen, avtappningshastighet förklaras nedan under scenario (GBG).

#### Beräkning av sammanlagd avrinningskoefficient och reducerad yta (ha red).

##### Scenario G.

$$Tot\ area = 0,25875\ ha$$

$$Area_{tak} = 0,10 \quad \varphi_1 = 0,9$$

$$Area_{marksten} = 0,04 \quad \varphi_2 = 0,8$$

$$Area_{asfalt} = 0,11 \quad \varphi_3 = 0,8$$

$$\varphi_s = \frac{A_{tak} \cdot \varphi_1 + A_{marksten} \cdot \varphi_2 + A_{asfalt} \cdot \varphi_3}{Tot\ A}$$

$$\varphi_s = \frac{0,10 \cdot 0,9 + 0,04 \cdot 0,8 + 0,11 \cdot 0,8}{0,25875} = 0,811$$

$$\varphi_s = 0,811$$

$$A_{red} = 0,25875 \cdot 0,811 = 0,21\ ha$$

$$A_{red} = 0,21\ ha$$

$$Q_{dim} = \text{maximalt toppflöde}$$

$$Q_{dim} = p \cdot i \cdot A$$

$$p = \text{Avrinningskoefficient}$$

$$i = \text{regnintensitet l/s} \cdot \text{ha}$$

$$A = \text{Area i ha.}$$

$$A_{red} = p \cdot A$$

$$i = 327,8 \cdot 60\text{sek} \cdot 10\ \text{min rinntid}$$

$$Q_{Dim} = 0,21 \cdot 196680 \cdot 1,25 = 51,6\ m^3$$

#### Beräkning av sammanlagd avrinningskoefficient och reducerad yta (ha red).

##### Scenario GG och GB.

$$Tot\ area = 0,25875\ ha$$

$$\begin{aligned}
Area_{tak} &= 0,10 & \varphi_1 &= 0,9 \\
Area_{marksten} &= 0,049 & \varphi_2 &= 0,8 \\
Area_{asfalt} &= 0,095 & \varphi_3 &= 0,8 \\
Area_{vegetationsyta} &= 0,0090 & \varphi_4 &= 0,1
\end{aligned}$$

$$\varphi_s = \frac{A_{tak} \cdot \varphi_1 + A_{marksten} \cdot \varphi_2 + A_{asfalt} \cdot \varphi_3 + A_{vegetationsyta} \cdot \varphi_4}{Tot A}$$

$$\varphi_s = \frac{0,10 \cdot 0,9 + 0,049 \cdot 0,8 + 0,095 \cdot 0,8 + 0,0090 \cdot 0,1}{0,25875} = 0,81610$$

$$\varphi_s = 0,816$$

$$A_{red} = 0,25875 \cdot 0,816 = 0,2111 \text{ ha}$$

$$A_{red} = 0,21 \text{ ha}$$

$$Q_{dim} = \text{maximalt toppflöde}$$

$$Q_{dim} = p \cdot i \cdot A$$

$$p = \text{Avrinningskoefficient}$$

$$i = \text{regnintensitet l/s} \cdot \text{ha}$$

$$A = \text{Area i ha.}$$

$$A_{red} = p \cdot A$$

$$i = 327,8 \cdot 60 \text{sek} \cdot 10 \text{ min rinntid}$$

$$Q_{Dim} = 0,21 \cdot 196680 \cdot 1,25 = 51,6 \text{ m}^3$$

Beräkning av sammanlagd avrinningskoefficient och reducerad yta (ha red).

Scenario GBG

$$Tot Area = 0,24976 \text{ ha}$$

$$Area_{tak} = 0,10 \quad \varphi_1 = 0,9$$

$$Area_{marksten} = 0,049 \quad \varphi_2 = 0,8$$

$$Area_{asfalt} = 0,095 \quad \varphi_3 = 0,8$$

$$\varphi_s = \frac{A_{tak} \cdot \varphi_1 + A_{marksten} \cdot \varphi_2 + A_{asfalt} \cdot \varphi_3}{Tot A}$$

$$\varphi_s = \frac{0,10 \cdot 0,9 + 0,049 \cdot 0,8 + 0,095 \cdot 0,8}{0,24976} = 0,84188$$

$$\varphi_s = 0,842$$

$$Area_{red} = 0,24976 \cdot 0,842 = 0,21029 \text{ ha}$$

$$Area_{red} = 0,21 \text{ ha}$$

$$Q_{dim} = \text{maximalt toppflöde}$$

$$Q_{dim} = p \cdot i \cdot A$$

$$p = \text{Avrinningskoefficient}$$

$$i = \text{regnintensitet l/s} \cdot \text{ha}$$

$$A = \text{Area i ha.}$$

$$A_{red} = p \cdot A$$

$$i = 327,8 \cdot 60 \text{sek} \cdot 10 \text{ min rinntid}$$

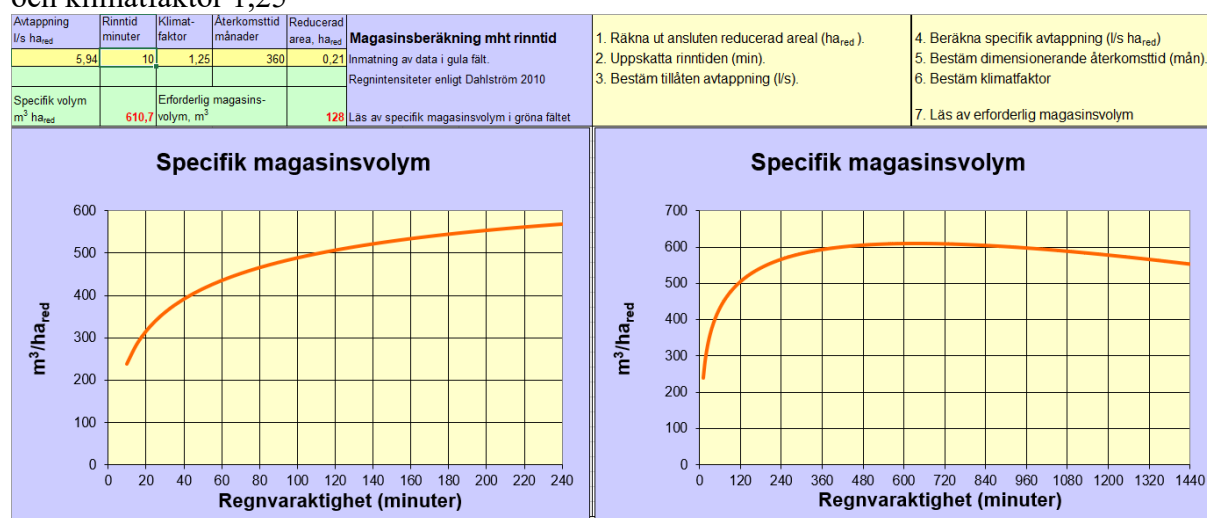
$$Q_{Dim} = 0,21 \cdot 196680 \cdot 1,25 = 51,6 \text{ m}^3$$

Beräkning av avtappning och magasineringsvolym för 6 st biofilter som ska ta hand om nederbörden på hela ytan

Avtappningsflödet för regnbäddarna och det öppna förstärkningslagret regleras med styrningsbrunnar. Avtappningshastigheten bestäms till 5 liter per sekund och hektar. 5 liter per sekund och hektar delat på sammanvägda avrinningskoefficienten ger 5,94 liter per sekund och reducerad area.

Eu:s vattendirektiv förespråkar 1,5 liter per sekund och hektar för naturmark. Det långsamma flödet är svårt att uppnå i en urban miljö.

Avtappningen ( $Q_{ut}$ ) och reducerad area ( $ha_{red}$ ) används för att läsa ut den magasineringsvolymen som behövs för att hantera ett 30-års regn med rinntid 10 min och klimatfaktor 1,25



Figur 6 Magasinsberäkningen enligt Dahlströms Excel dokument. Av Anders Ryttegård 2019.

$$Mag_{erf} = 128 \text{ m}^3$$

Uträkning för tillgänglig magasineringsvolym i biofilter

$$A = 90 \text{ m}^2$$

$$h_{fyld} = 0,15 \text{ m}$$

$$Mag = A \cdot h_{fyld}$$

$$Mag = 90 \cdot 0,15 = 13,5 \text{ m}^3$$

$$Mag = 13,5 \text{ m}^3$$

Uträkning för tillgänglig magasineringsvolym i öppet förstärkningslager

$$A = 4,626 \text{ m}^2$$

$$L = 65 \text{ m}$$

$$Mag = A \cdot L$$

$$Mag = 4,626 \cdot 65 = 300,69$$

$$Mag_{red} = Mag \cdot Porvolym$$

$$Mag_{red} = 300,69 \cdot 0,4 = 120,27$$

$$Mag_{red} = 120,27 \text{ m}^3$$

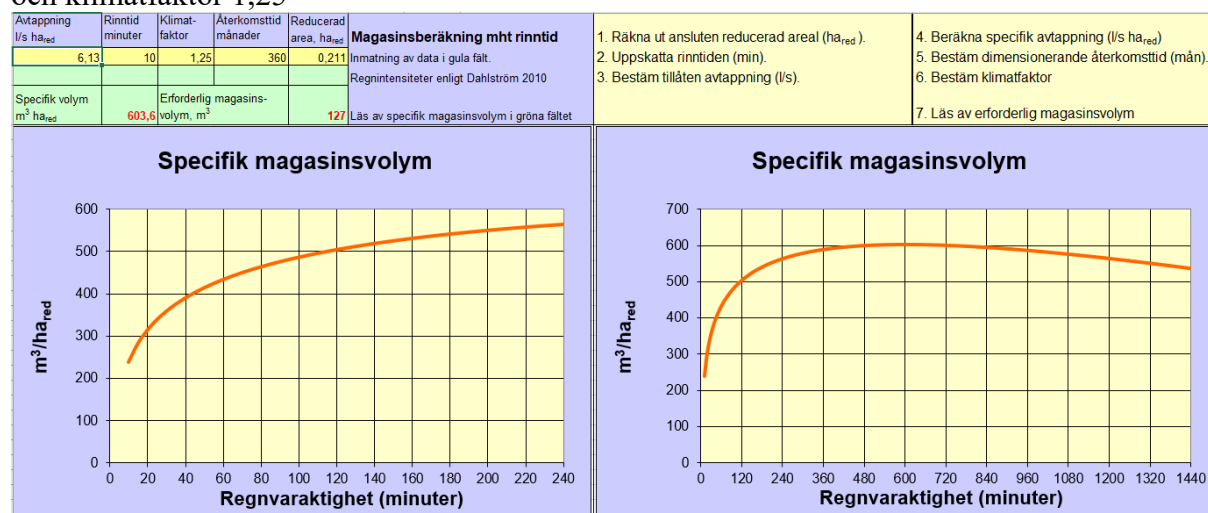
Mag –  $Mag_{erf}$  för tillgänglig volym marginal vid dimensionerat 30-års regn  
 $Bio\ Mag_{red} + Öf\ Mag_{red} - Mag_{erf} = 5,77\ m^3$

Beräkning av avtappning och magasineringsvolym för 1 st perkolationsmagasin som ska ta hand om nederbörden på hela ytan

Scenario GB

Avtappningshastigheten är likadant i detta scenario som I GBG. 5 liter per sekund och hektar. 5 liter per sekund och hektar delat på sammanvägda avrinningskoefficienten ger 6,13 liter per sekund och reducerad area.

Avtappningen ( $Q_{ut}$ ) och reducerad area ( $ha_{red}$ ) används för att läsa ut den magasineringsvolymen som behövs för att hantera ett 30-års regn med rinntid 10 min och klimatkraft 1,25



Figur 7 Magasinsberäkningen enligt Dahlströms Excel dokument. Av Anders Ryttegård 2019.

$$Mag_{erf} = 127\ m^3$$

## Bilaga 4.

### Reningsberäkningar av dagvatten

Reningsberäkningen är baserade på siffror från det webbaserade programmet Stormtac. Stormtac är ett program som beräknar, simulerar och dimensionerar olika åtgärder för omhändertagande av föroreningar och dagvatten. Stormtac baseras på data från långtids forskning inom flödes-och föroreningar inom markanvändning.

För att Stormtac ska kunna urskilja föroreningsbelastningen för området behövs data på vilka beläggningar och vilken trafikbelastning som innefattas i området. Utöver den data så behövs en årsregnsnederbörd i millimeter och den sammanslagna avrinningskoefficienten för området. Stormtac behöver också registrera vilka föroreningsämnen som ska beräknas, här implementeras de 14 vanligaste ämnena (P, N, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg, SS, olja, PAH, BaP, NH<sub>4</sub>-). Stormtac registrerar inte NH<sub>4</sub>- i simuleringen. Stormtac behöver sedan veta vilket dagvattensystem som är tänkt att införas i området och vilken reningsgrad den innehåller. När sammanställningen av inlagda data redovisas ges resultaten av föroreningar inom området. Har programmet någon reningsfunktion inlagd visas även de reducerade värdena. Reningsfunktionerna kan simuleras som serier i, vilket medför att resultaten av ett seriekopplat system ger en högre renings effekt än ett fristående system. Stormtac delar upp föroreningsämnena efter resultat säkerhet, där grön visar hög säkerhet, gul visar medelsäkerhet och röd visar låg säkerhet.

I Stormtac baseras scenario G och GG:s inte inneha någon renings förmåga. Scenario GB har ett seriekopplat system med filterbrunnar och ett perkolationsmagasin med renande filter. GBG scenariot är seriekopplat i form av regnbäddar och ett öppet förstärkningslager laddat med biokol. Alla scenarios utgår ifrån en årsnederbörd på 600 mm och stormtacs trafikintensitet på 2,5 fordon. Gång-och cykelbana utgår ifrån Stormtac standardvärde 5. Scenario G och GG värden ligger som grunddata till scenario GB och GBG. Stormtac redovisar då en procentuell minskning av varje individuellt ämne som jämförelse mot scenario G och GG.

#### Scenario G och GG.

Sammanslagningen av dessa två Scenarios görs på grund av att de inte innehar någon renings funktion. Resultaten från simuleringen av scenario G och GG i tabellen nedan

P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
0.091	1.4	0.0032	0.018	0.019	0.00022	0.0056	0.0038	0.000052	35	0.61	0.00015	0.0000091

(Tabell 1: baserad på data från Stormtac. Föroreningsmängd Kg/år utan rening)

Föroreningsmängden är baserad den totala arean av området 2587,5 m<sup>2</sup>. För att förutse mängden för ett helt hektar multipliceras resultatet med 4

P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
0.364	5,6	0.0128	0.072	0.019	0.00088	0.0224	0.0152	0.000208	140	2.44	0.0006	0.0000364

(Tabell 2: baserad på data från Stormtac. Föroreningsmängd Kg/år per ha utan rening)

#### Scenario GB

Här beräknas föroreningshalterna i jämförelse med grundvärdena från scenario G och GG.



Scenariot är utrustat med ett seriekopplat system av brunnsfilter och ett perkolationsmagasin med filtrering.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Uträknat%	75	66	85	91	91	86	87	72	64	89	94	88	58

(Tabell 3: baserad på data från stormtac. Föroreningsminskningen i % för varje individuellt ämne.)

I tabellen nedan visas de återstående och avskilda mängd förorening inom området.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Återstående	0.023	0.49	0.000047	0.0015	0.0016	0.000030	0.00073	0.0011	0.000019	3,8	0.038	0.000018	0.0000038
Avskild	0.068	0.96	0.0027	0.016	0.017	0.00019	0.0049	0.0028	0.000033	31	0.57	0.00013	0.0000053

(Tabell 4: baserad på data från stormtac. Föroreningsminskningen kg/år för individuellt ämne.)

I tabellen nedan visas de återstående och avskilda mängderna förorening för ett hektar.

Nedan visas scenario GB föroreningsmängd multiplicerat med 4 för att utge resultatet i hektar.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Återstående	0.092	1,96	0.000188	0.006	0.0064	0.00012	0.00292	0.0044	0.000076	15,2	0.152	0.000072	0.0000152
Avskild	0.272	3,84	0.0108	0.064	0.068	0.00076	0.0196	0.0112	0.000132	124	2.28	0.00052	0.0000212

(Tabell 5: baserad på data från Stormtac. Föroreningsminskningen Kg/år per ha för individuellt ämne.)

### Scenario GBG.

Här beräknas föroreningshalterna i jämförelse med grundvärdena från scenario G och GG.

GBG scenariot har ett seriekopplat system med regnbäddar med anslutning till ett öppet förstärkningslager som innehåller biokol för ökad reningseffekt.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Uträknat%	82	83	95	84	84	75	85	70	79	93	75	88	76

(Tabell 6: baserad på data från stormtac. Föroreningsminskningen i % för varje individuellt ämne.)

I tabellen nedan visas de återstående och avskilda mängderna förorening inom området.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Återstående	0.016	0.25	0.00016	0.0028	0.0030	0.000055	0.00086	0.0011	0.000011	2,3	0.15	0.000018	0.0000022
Avskild	0.075	1.2	0.0031	0.015	0.016	0.00017	0.0047	0.0027	0.000041	32	0.46	0.00013	0.0000069

(Tabell 7: baserad på data från stormtrac. Föroreningsminskningen i Kg/år för individuellt ämne.)

I tabellen nedan visas de återstående och avskilda mängderna förorening för ett hektar.

Nedan visas scenario GBG föroreningsmängd multiplicerat med 4 för att utge resultatet i hektar.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP
Återstående	0.064	1	0.00064	0.0112	0.012	0.00022	0.00344	0.0044	0.000304	9,2	0.6	0.000072	0.0000088
Avskild	0.3	4.8	0.0124	0.06	0.064	0.00068	0.0188	0.0108	0.000164	128	1.84	0.00052	0.0000276

(Tabell 8: baserad på data från Stormtac. Föroreningsminskningen Kg/år per ha för individuellt ämne.)

*Sammanställning av data från Stormtac.*

Stormtacs simulering visa att scenario G och GG inte genererar någon ekosystemtjänst inom vattenrening. Scenario GB och GBG däremot visar både att filterhanteringen och den biologiska reningen reducerar föroreningarna till minst 58 % för varje individuellt ämne. I scenario GB var det ämnet kväve (BaP) som hade lägst reningseffekt vid filterrening. Samma ämne i GBG uppgick till 76 %. Dock visar tabellerna att filterreningen har en högre effekt att plocka upp Cu, Zn och olja än vad den biologiska reningen, vid den biologiska upptagningen domineras istället P, N och Pb. Föroreningsupptagningen varierar där av från ämne till ämne beroende på reningsmetod.